



**La "démarche d'investigation" dans les collèges français  
- Élaboration d'un dispositif de formation et étude de  
l'appropriation de cette nouvelle méthode  
d'enseignement par les enseignants**

Stéphanie Mathé

► **To cite this version:**

Stéphanie Mathé. La "démarche d'investigation" dans les collèges français - Élaboration d'un dispositif de formation et étude de l'appropriation de cette nouvelle méthode d'enseignement par les enseignants. Education. Université Paris-Diderot - Paris VII, 2010. Français. NNT : . tel-00516314

**HAL Id: tel-00516314**

**<https://theses.hal.science/tel-00516314>**

Submitted on 9 Sep 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université Paris Diderot – Paris 7  
UFR de Physique – Laboratoire de Didactique André Revuz  
Ecole doctorale des Savoirs Scientifiques (ED400)

## THESE

Spécialité : Didactique des Disciplines  
Option : Didactique des Sciences Physiques

Par Stéphanie Mathé

Dirigée par Martine MEHEUT et Cécile de HOSSON

**LA « DEMARCHE D'INVESTIGATION » DANS LES COLLEGES FRANÇAIS :**  
ELABORATION D'UN DISPOSITIF DE FORMATION ET ETUDE DE L'APPROPRIATION  
DE CETTE NOUVELLE METHODE D'ENSEIGNEMENT PAR LES ENSEIGNANTS

Soutenue le 23 juin 2010 devant la commission d'examen constituée de :

M. Ludovic MORGE  
M. Mauricio DUQUE  
Mme Dominique COURTILLOT  
Mme Cécile FERRARI  
Mme Martine MEHEUT  
Mme Cécile de HOSSON

Président et rapporteur  
Rapporteur  
Examineur  
Examineur  
Directeur de thèse  
Directeur de thèse



## Remerciements

Je tiens à remercier Ludovic Morge et Mauricio Duque de m'avoir fait l'honneur d'accepter de juger ce travail et d'en avoir été les rapporteurs. Je remercie vivement Dominique Courtillot d'avoir fait partie de ce jury, et aussi de m'avoir fait bénéficier de ses conseils sur mon manuscrit, au cours de discussions ferventes et animées. Je remercie également Cécile Ferrari pour l'intérêt qu'elle a porté à mon travail et pour avoir accepté de siéger à ce jury.

Martine Méheut m'a fait partager sa richesse et son honnêteté intellectuelles pendant ces quatre années. Ses critiques toujours constructives, son exigence et sa disponibilité ont été extrêmement stimulantes et m'ont permis de mener cette thèse dans des conditions exceptionnelles. Même si j'ai finalement choisi une autre voie professionnelle, je tiens à la remercier pour cette expérience de la recherche.

C'est en collaborant avec Cécile de Hosson pour la réalisation de *L'inertie en bobine* que j'ai découvert avec un immense plaisir la didactique des sciences physiques. Sa passion pour cette discipline, ainsi que sa vision profondément humaine du métier d'enseignant-chercheur ont été pour moi une source de motivation considérable. Aujourd'hui, je la remercie non seulement pour son écoute attentive et ses conseils fructueux dans la direction de cette thèse, mais aussi pour son investissement dans l'élaboration et l'animation de la session de formation.

Je remercie également tous les didacticiens des sciences physiques du LDAR pour leurs nombreux conseils et critiques, tout au long de cette thèse, et surtout dans sa dernière ligne droite. Je remercie tout particulièrement Laurence Viennot pour sa relecture attentive de mon manuscrit et pour ses conseils avisés, ainsi qu'Isabelle Kermen pour toutes nos discussions, tant professionnelles qu'amicales.

Cette thèse n'aurait pas pu être réalisée sans le temps que m'ont accordé des enseignants de collège. Les longs entretiens auxquels ils ont accepté de participer, dès l'application des programmes de 2005, ont été une mine d'informations précieuses pour orienter mes travaux.

Je tiens particulièrement à remercier Marc Bouloc et Aurélie Piaget pour m'avoir accueillie dans leur classe et pour y avoir accepté la présence d'une caméra.

A mes proches, merci pour les façons, toutes très personnelles, dont vous m'avez manifesté votre soutien. Toutes ensemble, elles m'ont portée jusqu'à l'achèvement de cette thèse.



À Anne-Marie Peraldi.

À Daniel Allard.



## Table des matières

Introduction.....	11
Contexte de l'étude.....	14
Problématique.....	20
1. Chapitre 1 : Démarche d'investigation et transposition didactique .....	25
1.1. Des démarches en sciences à la démarche d'investigation .....	25
1.1.1. Problème scientifique / situation-problème .....	25
1.1.2. Démarches en sciences / démarche hypothético-déductive .....	28
1.2. De la démarche d'investigation dans les programmes à la démarche d'investigation dans les pratiques .....	32
1.2.1. Méthodologie .....	33
1.2.1.1. Description du corpus de données.....	34
1.2.1.2. Elaboration d'une grille d'analyse des données : une approche multidimensionnelle.....	37
1.2.2. Résultats .....	39
1.2.2.1. Construction de la situation de départ.....	40
1.2.2.1.1. Problème à résoudre.....	40
1.2.2.1.2. Contextualisation .....	43
1.2.2.1.3. Prise en compte des conceptions des élèves.....	46
1.2.2.2. Type de démarche .....	48
1.2.2.2.1. Formulation d'hypothèses / de prévisions.....	49
1.2.2.2.2. Elaboration de protocoles / Réalisation des expériences .....	51
2. Chapitre 2 : Une formation pour favoriser le « dialogue » entre les textes prescripteurs et les enseignants .....	55
2.1. Elaboration de la formation .....	55
2.1.1. Eléments théoriques.....	55
2.1.1.1. La formation professionnelle autour de textes prescripteurs .....	55
2.1.1.2. Savoirs et savoir-faire .....	57
2.1.2. Objectifs de la formation, élaborés à partir de l'analyse de la démarche d'investigation et des résultats de l'analyse de fiches.....	58
2.1.2.1. Connaissance des textes officiels .....	59
2.1.2.2. Savoirs et savoir-faire .....	59
2.1.2.2.1. Les savoirs théoriques .....	60
2.1.2.2.2. Les savoir-faire .....	65
2.1.3. Questions de recherche : éléments de <i>technologie</i> .....	66



2.2.	Déroulement de la formation – choix des activités en fonction des objectifs de la formation et des questions de recherche .....	70
2.3.	Méthodologie de recueil et d'analyse des données .....	86
2.4.	Résultats .....	104
2.4.1.	1 <sup>e</sup> question de recherche : « Comment ont évolué, au cours de la formation, l'appropriation, par les enseignants, de la notion de conception et la prise en compte des conceptions des élèves ? » .....	104
2.4.1.1.	Savoirs .....	104
2.4.1.1.1.	La notion de conception.....	104
2.4.1.1.2.	La notion de conflit cognitif.....	112
2.4.1.2.	Savoir-faire .....	116
2.4.1.2.1.	Le repérage de conceptions à partir de productions d'élèves.....	116
2.4.1.2.2.	La caractérisation de problèmes .....	124
2.4.1.2.3.	La prise en compte des conceptions pour l'élaboration d'une situation-problème.....	131
2.4.1.2.4.	La formulation d'un problème favorable au dépassement d'obstacles cognitifs.....	133
2.4.1.3.	Problèmes soulevées par les enseignants.....	138
2.4.1.3.1.	L'expérience vue comme une « expérience cruciale » .....	138
2.4.1.3.2.	La « mise en scène » du conflit cognitif dans la situation de départ .....	140
2.4.1.3.3.	La contextualisation du problème scientifique.....	142
2.4.2.	2 <sup>e</sup> question de recherche : « Comment ont évolué, au cours de la formation l'appropriation et la mobilisation, par les enseignants, de la notion de démarche hypothético-déductive ? » .....	149
2.4.2.1.	Savoirs .....	149
2.4.2.1.1.	La démarche hypothético-déductive .....	149
2.4.2.2.	Savoir-faire .....	156
2.4.2.2.1.	Formulation d'un problème menant à une démarche hypothético-déductive.....	156
2.4.2.3.	Problèmes soulevés par les enseignants.....	163
2.4.2.3.1.	Présence des hypothèses dans la situation de départ.....	163
2.4.2.3.2.	Choix de l'expérience .....	165
2.4.2.3.3.	Choix du matériel .....	167
2.4.2.3.4.	Phase de mise en commun .....	172
2.4.3.	3 <sup>e</sup> question de recherche : « Quels autres aspects de la démarche d'investigation ont attiré l'attention des enseignants ? ».....	177
2.4.4.	4 <sup>e</sup> question de recherche : « Quels obstacles les enseignants voient-ils à la mise en œuvre d'une démarche d'investigation ? » .....	180
2.4.4.1.	Les obstacles liés aux particularités de la démarche d'investigation.....	180
2.4.4.1.1.	La création de conditions favorables à l'autonomie des élèves .....	181

2.4.4.1.2. La maîtrise de la conception et de la mise en œuvre d'une démarche d'investigation.....	182
2.4.4.1.3. L'évaluation.....	182
2.4.4.2. Les obstacles liés aux élèves.....	182
2.4.4.2.1. Les capacités des élèves.....	183
2.4.4.2.2. Le manque de motivation des élèves.....	184
2.4.4.3. Les obstacles liés aux contraintes didactiques.....	186
2.4.4.3.1. Les conditions matérielles.....	186
2.4.4.3.2. Les séances en classe entière.....	188
2.4.4.3.3. La démarche d'investigation « chronophage ».....	188
Conclusion .....	191
Bibliographie.....	201



## Introduction

De nombreuses recherches, depuis les années 90, ont porté sur la place des activités expérimentales dans l'enseignement des sciences. Ces travaux ont mis en évidence que les rôles affectés à ces activités sont aussi bien la motivation des élèves, que le développement de leurs habiletés manipulatoires, et l'apprentissage de connaissances, de méthodes, d'attitudes scientifiques (Jenkins, 1999). Il a aussi été montré que les démarches expérimentales apparaissaient sous des formes stéréotypées (Leach & Paulsen, 1999), les expériences visant à illustrer des concepts, vérifier des lois, ou bien étant utilisées dans une démarche inductiviste : manipulations, observations et mesures, conclusion (Johsua & Dupin, 1993 ; Windschitl, 2003). Dans le cadre de telles démarches, le rôle de l'élève est réduit à l'exécution de manipulations prescrites par l'enseignant et à la formulation de conclusions à partir de ses observations.

De nouveaux curricula ont progressivement tenu compte de ces résultats. Les activités expérimentales se sont peu à peu inscrites dans des démarches d'investigation ouvertes, impliquant l'élaboration de questions scientifiques, la formulation d'hypothèses, l'élaboration de dispositifs et de protocoles expérimentaux, le choix de données à recueillir, le traitement des données, la mise en forme et la communication des résultats ; les intentions étant alors de donner une image plus riche et diversifiée des démarches scientifiques, et de donner davantage d'autonomie aux élèves.

Le travail présenté ici concerne la mise en place d'une nouvelle méthode d'enseignement, la démarche d'investigation, apparue dans les programmes de collège français en 2005. Présentée sous la forme d'un « canevas » de sept étapes, elle est censée guider les enseignants dans la préparation et la mise en œuvre de séquences, permettant aux élèves d'élaborer une démarche pour répondre au problème qui leur est posé. Durant la séquence, l'enseignant est ainsi invité à endosser le rôle de guide dans le processus de construction du savoir par l'élève, délaissant des méthodes plus transmissives. Même si les précédents programmes suggéraient déjà une telle approche constructiviste, il apparaît pour la première fois de manière explicite une trame, fixant les grandes lignes d'une séquence d'investigation.

Dans le premier chapitre, nous analysons la démarche d'investigation du point de vue de la transposition didactique (Chevallard, 1991). La transposition didactique correspond au processus de transformation du « savoir savant », produit par la communauté scientifique, en vue d'un enseignement de ce savoir à un niveau donné. Nous nous sommes approprié cette notion pour

l'adapter à notre propos, c'est-à-dire à la transposition des démarches en sciences. Nous nous intéressons à deux étapes de ce processus : le passage des démarches en sciences à la « démarche d'investigation » telle qu'elle est décrite dans les programmes de collège depuis 2005 (du « savoir savant » au « savoir à enseigner »), et la traduction des directives officielles par les enseignants dans leurs pratiques (du « savoir à enseigner » au « savoir enseigné »).

Nous tentons donc, dans un premier temps, d'identifier les éléments des démarches scientifiques qui ont été retenus et mis en valeur par les rédacteurs des programmes. Il s'agit de mieux définir les contours de cette nouvelle méthode d'enseignement. Nous cherchons, pour cela, à déterminer les domaines d'application de la démarche d'investigation, c'est-à-dire les objectifs des programmes qui se prêtent à ce type de démarche.

Nous cherchons, dans un deuxième temps, à connaître la « réponse » des enseignants aux intentions des programmes, selon une expression de Mayen & Savoyant (2002), deux chercheurs en didactique professionnelle. On s'attend à découvrir des décalages entre les prescriptions et ce qu'en font les enseignants. Les deux chercheurs expliquent ces décalages par l'intégration active des nouvelles prescriptions dans des pratiques déjà installées, en vue d'une adaptation des utilisateurs à leurs propres besoins et ressources. Pour dresser le tableau de la « réélaboration » des textes officiels par les enseignants, nous nous appuyons sur un corpus de fiches de préparation de séquences rédigées par des enseignants à l'intention de leurs collègues. Toutes ces fiches sont labellisées « démarche d'investigation », et ont été recueillies sur les sites internet des académies. Ce type de documents a déjà été exploité dans des recherches antérieures, notamment chez Elmore (1996), Tiberghien *et al.* (2001), ou encore Högström & Ottander (2004). De la même manière, nous considérons ces fiches de préparation comme des révélateurs de pratiques, en ce sens qu'elles contiennent les intentions premières des enseignants sur le déroulement des séquences qui auront lieu dans la classe, et des indices sur la façon dont ils se représentent la construction du savoir par l'élève et leur propre rôle dans ce processus. Ces résultats, ainsi que ceux de l'analyse de la démarche d'investigation d'un point de vue épistémologique, nous ont amenée à formuler des besoins de formation. Nous souhaitons ainsi permettre une compréhension et une mise en œuvre critiques de cette nouvelle modalité d'enseignement.

Dans le deuxième chapitre, nous présentons la formation que nous avons élaborée et mise en place, auprès d'enseignants titulaires. Nous nous situons dans la perspective de Mayen et Savoyant (2002), considérant que l'intervention formatrice a pour finalité de favoriser le « dialogue » entre les textes prescripteurs et leurs utilisateurs. A cet effet, nous présentons un certain nombre d'éléments théoriques et de savoir-faire relatifs à la démarche d'investigation, et nous nous intéressons, dans le

même temps aux pratiques d'enseignement déjà installés. La formation a donc un caractère interactif, favorisant l'articulation des apports de la formation avec leurs propres pratiques. Nous avons choisi d'aborder des savoirs et savoir-faire relatifs à la démarche d'investigation, qui selon nous, sont utiles à l'élaboration d'une démarche d'investigation telle qu'elle est présentée dans les programmes, et permettent l'ouverture et la réflexion des enseignants sur des démarches alternatives. Pour élaborer cette formation, nous nous sommes appuyée sur la *théorie anthropologique du didactique* développée par Chevallard (1999), organisant les activités en quatre niveaux : la tâche, la technique, la technologie, la théorie. Une des séances de formation est consacrée à l'élaboration d'une situation-problème par les enseignants, travaillant en petits groupes. Du point de vue de la formation, cette séance est l'occasion, pour les enseignants, de mettre à l'épreuve les éléments théoriques et techniques préalablement abordées, pour réaliser la tâche demandée. Du point de vue de la recherche, grâce à l'enregistrement audio de l'intégralité des discussions au sein des groupes de travail, il s'est agi d'observer la façon dont les enseignants construisent leur propre *technologie*, c'est-à-dire le discours rationnel qui vient justifier leurs pratiques. Ce discours est particulièrement riche, puisqu'il révèle également les obstacles d'ordres divers (épistémologique, pédagogique, matériel, etc.) auxquels se heurtent les enseignants lorsqu'ils se projettent dans la mise en œuvre, en classe, de la séquence d'investigation qu'ils sont en train d'élaborer.

## Contexte de l'étude

La place des activités expérimentales dans l'enseignement des sciences a fait l'objet de nombreuses recherches. Ces travaux ont mis en évidence que les buts affectés aux activités expérimentales dans l'enseignement des sciences étaient multiples : motiver les élèves, développer des habiletés manipulatoires, favoriser l'apprentissage de connaissances, de méthodes, d'attitudes scientifiques (Jenkins, 1999). Les démarches expérimentales sont apparues sous des formes stéréotypées (Leach & Paulsen, 1999). On a pu montrer en particulier (Johsua & Dupin, 1993 ; Windschitl, 2003) que dans l'enseignement secondaire, les expériences étaient principalement utilisées dans une perspective d'illustration des concepts, de vérification d'une loi, ou dans une démarche inductiviste (manipulation, observations et mesures, conclusions) ; l'élève étant placé en situation d'exécuter des manipulations qui lui sont prescrites, d'effectuer des observations et des mesures, les conclusions devant s'imposer d'elles-mêmes, lorsqu'elles ne sont pas connues d'avance. Une recherche reposant sur l'analyse de fiches de travaux pratiques concernant plusieurs disciplines (physique, chimie, biologie) dans plusieurs pays européens a permis de mettre en évidence un fort objectif commun aux différents pays et disciplines : la familiarisation avec les objets et les phénomènes (manipuler des objets, provoquer un événement, observer un événement), un autre objectif étant l'organisation d'une démarche pour traiter une question. Les travaux pratiques de physique sont apparus, plus que ceux de chimie ou de biologie, orientés vers l'apprentissage des lois, des relations entre variables, ceux de chimie donnant une grande importance à l'objectif « suivre un protocole expérimental », ceux de biologie laissant davantage de place à l'organisation d'une recherche pour traiter une question (Tiberghien *et al.*, 2001). Ces recherches ont conduit à des propositions dans deux directions principales :

- donner une image plus riche et diversifiée des démarches scientifiques : formulation, reformulation d'une question, d'un problème, formulation d'hypothèses, planification d'expériences, amélioration d'un protocole, contrôle des facteurs, recueil et traitement des données, interprétation des données, usage de simulations, débats, etc. ;
- donner davantage d'autonomie aux élèves : leur proposer des tâches plus ouvertes, leur permettant de développer des activités de plus haut niveau cognitif.

Parallèlement, on a vu se dessiner dans les curricula des évolutions quant au rôle des activités expérimentales. Ces dernières s'inscrivent dans des démarches d'investigation ouvertes impliquant

l'élaboration de questions scientifiques, la formulation d'hypothèses, l'élaboration de dispositifs et de protocoles expérimentaux, le choix de données à recueillir, le traitement des données, la mise en forme et la communication des résultats. Ces perspectives ont été adoptées depuis les années 90 dans différents curricula et standards d'enseignement scientifique, et apparaissent de manière particulièrement explicite dans des projets tels que : Science for All Americans (AAAS, 1989 ; NRC, 1996), Science in the New Zealand Curriculum (Ministry of Education, 1993), English National Science Curriculum ([www.curriculumonline.gov.uk](http://www.curriculumonline.gov.uk)), Pan Canadian Science Project (Council of Ministers of Education, 1997), PISA (OCDE, 2001). Notons également les recommandations formulées, en 2007, dans un rapport commandité par la Commission Européenne (Rocard *et al.*, 2007).

En France, les programmes de sciences du collège, en 2005 puis 2007 et 2008, présentent la démarche d'investigation comme le prolongement d'une pratique pédagogique instituée depuis plusieurs années dans l'enseignement des sciences à l'école élémentaire. La démarche d'investigation prônée pour l'enseignement des sciences au collège s'inscrirait donc dans la continuité du Plan de Renovation de l'Enseignement des Sciences et de la Technologie à l'Ecole (M.E.N., PRESTE, 2000) mis en place dans les classes du primaire depuis la rentrée 2003 et dont les orientations ont été réaffirmées dans les programmes de Primaire de 2008 (M.E.N., programmes de l'école primaire, 2008, p. 24).

A une époque où seule une petite minorité de professeurs du primaire intégraient les sciences à leurs pratiques, le PRESTE est apparu comme une voie de relance d'un enseignement en déclin. Il s'agissait ainsi de rendre l'enseignement des sciences plus « *effectif* » en lui assignant « *une dimension expérimentale* », et en développant « *la capacité d'argumentation et de raisonnement des élèves, en même temps que l'appropriation progressive de concepts scientifiques* » (M.E.N., PRESTE, 2000, p. 1105). La démarche d'investigation a été présentée comme l'élément central d'une nouvelle forme d'enseignement des sciences, sa mise en place devant conduire à « *la construction des savoir-faire, des connaissances et des repères culturels prévus par les programmes* » (M.E.N., programmes de l'école primaire, 2007, p. 96). D'un point de vue opérationnel, les programmes du primaire précisent que l'enseignant se doit de sélectionner « *une situation de départ qui focalise la curiosité des élèves, déclenche leurs questions et permet d'exprimer leurs idées préalables* » (M.E.N., programmes de l'école primaire, 2007, p. 96, *c'est nous qui soulignons*). Ajoutons qu'il est précisé que la démarche d'investigation peut recourir à des formes de travail diverses telles que l'expérimentation directe, l'observation, la recherche documentaire, etc. Historiquement, le PRESTE a bénéficié d'expériences de terrain qui ont permis de mettre en évidence diverses voies pour installer dès l'école primaire les premières bases d'une culture scientifique. La plus importante



d'entre elles demeure sans doute l'opération *La Main à la pâte*, créée en France en 1996 à l'initiative du prix Nobel Georges Charpak et inspirée par le projet américain *Hands On* qui avait pour vocation de donner un nouvel élan à l'enseignement des sciences dans les écoles défavorisées de Chicago (Worth & Delacôte, 1996).

La démarche d'investigation apparaît dans les programmes officiels de 5<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> en 2005. Elle est présentée sous la forme d'un « canevas » (terme employé par les rédacteurs) (voir encadré, pp. 12-13), dans le but de guider le travail de l'enseignant lors de la préparation de la séquence (étape 1) et lors de sa mise en place en classe (étapes 2 à 7).

1. Le choix d'une situation-problème par le professeur,
2. L'appropriation du problème par les élèves,
3. La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles,
4. L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves,
5. L'échange argumenté autour des propositions élaborées,
6. L'acquisition et la structuration des connaissances,
7. L'opérationnalisation des connaissances.

Notons que les rédacteurs des programmes distinguent clairement les domaines d'appartenance des notions de conjecture et d'hypothèse : la première est utilisée en mathématiques, la seconde en sciences expérimentales : « *La démarche d'investigation présente des analogies entre son application au domaine des sciences expérimentales et à celui des mathématiques. [...] Une éducation scientifique complète se doit de faire prendre conscience aux élèves à la fois de la proximité de ces démarches (résolution de problèmes, formulation respectivement d'hypothèses explicatives et de conjectures) et des particularités de chacune d'entre elles [...]* » (M.E.N., programmes du collège, 2008, p. 4, *c'est nous qui soulignons*). Le dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences présente également les statuts bien distincts de ces deux notions : « *Il est coutumier, en mathématiques, de baptiser « conjecture » un énoncé que l'on pense être vrai mais qui n'est pas démontré. Dans d'autres domaines des sciences, on parle plutôt d'hypothèse ; cependant le statut est différent : une hypothèse en physique, en biologie requiert des confirmations ou infirmations par l'expérience mais ne sera jamais démontrée formellement* » (Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences, 1999, entrée « conjecture »).

Les auteurs relativisent la présentation plutôt stricte de ce canevas et conseillent de l'utiliser avec souplesse : « *Par commodité de présentation, sept moments essentiels ont été identifiés. L'ordre dans lequel ils se succèdent ne constitue pas une trame à adopter de manière linéaire* ».

Dans la présentation de la démarche d'investigation dans les programmes de collège, l'accent est mis sur la construction du savoir par les élèves. Les enseignants sont invités, chaque fois que cela est possible, à faire travailler les élèves par petits groupes, dans le but de « *[favoriser] l'expression sous toutes ses formes et [permettre] un accès progressif à l'autonomie* » (M.E.N., programmes du collège, 2008, p. 4). Il est également précisé que « *cette démarche s'appuie sur le questionnement des élèves sur le monde réel* ». Les investigations sont menées par les élèves, « *avec l'aide du professeur* », et « *débouchent sur l'acquisition de connaissances, de compétences méthodologiques et sur la mise au point de savoir-faire techniques* ». La démarche d'investigation semble donc s'inscrire dans une perspective socioconstructiviste, où les échanges entre les élèves sont favorisés et où chacune des étapes de la démarche donne l'occasion de développer leur autonomie dans la construction de leurs propres connaissances et compétences.

*Extraits des programmes du collège (B.O. spécial n° 6 du 28 août 2008)*

### **III. LA DEMARCHE D'INVESTIGATION**

Dans la continuité de l'école primaire, les programmes du collège privilégient pour les disciplines scientifiques et la technologie une démarche d'investigation. Comme l'indiquent les modalités décrites ci-dessous, cette démarche n'est pas unique. Elle n'est pas non plus exclusive et tous les objets d'étude ne se prêtent pas également à sa mise en œuvre. Une présentation par l'enseignant est parfois nécessaire, mais elle ne doit pas, en général, constituer l'essentiel d'une séance dans le cadre d'une démarche qui privilégie la construction du savoir par l'élève. Il appartient au professeur de déterminer les sujets qui feront l'objet d'un exposé et ceux pour lesquels la mise en œuvre d'une démarche d'investigation est pertinente.

La démarche d'investigation présente des analogies entre son application au domaine des sciences expérimentales et à celui des mathématiques. La spécificité de chacun de ces domaines, liée à leurs objets d'étude respectifs et à leurs méthodes de preuve, conduit cependant à quelques différences dans la réalisation. Une éducation scientifique complète se doit de faire prendre conscience aux élèves à la fois de la proximité de ces démarches (résolution de problèmes, formulation respectivement d'hypothèses explicatives et de conjectures) et des particularités de chacune d'entre elles, notamment en ce qui concerne la validation, par l'expérimentation d'un côté, par la démonstration de l'autre.

#### **Repères pour la mise en œuvre**

##### **1. Divers aspects d'une démarche d'investigation**

Cette démarche s'appuie sur le questionnement des élèves sur le monde réel (en sciences expérimentales et en technologie) et sur la résolution de problèmes (en mathématiques). Les investigations réalisées avec l'aide du professeur, l'élaboration de réponses et la recherche d'explications ou de justifications débouchent sur l'acquisition de connaissances, de compétences méthodologiques et sur la mise au point de savoir-faire techniques.

Dans le domaine des sciences expérimentales et de la technologie, chaque fois qu'elles sont possibles, matériellement et déontologiquement, l'observation, l'expérimentation ou l'action directe par les élèves sur le réel doivent être privilégiées. Une séance d'investigation doit être conclue par des activités de synthèse et de structuration organisées par l'enseignant, à partir des travaux effectués par la classe. Celles-ci portent non seulement sur les quelques notions, définitions, résultats et outils de base mis en évidence, que les élèves doivent connaître et peuvent désormais utiliser, mais elles sont aussi l'occasion de dégager et d'explicitier les méthodes que nécessite leur mise en œuvre.

##### **2. Canevas d'une séquence d'investigation**

Ce canevas n'a pas la prétention de définir « la » méthode d'enseignement, ni celle de figer de façon exhaustive un déroulement imposé. Une séquence est constituée en général de plusieurs séances relatives à un même sujet d'étude.

Par commodité de présentation, sept moments essentiels ont été identifiés. L'ordre dans lequel ils se succèdent ne constitue pas une trame à adopter de manière linéaire. En fonction des sujets, un aller et retour entre ces moments est tout à fait souhaitable, et le temps consacré à chacun doit être adapté au projet pédagogique de l'enseignant.

Les modes de gestion des regroupements d'élèves, du binôme au groupe-classe selon les activités et les objectifs visés, favorisent l'expression sous toutes ses formes et permettent un accès progressif à l'autonomie.

La spécificité de chaque discipline conduit à penser différemment, dans une démarche d'investigation, le rôle de l'expérience et le choix du problème à résoudre. Le canevas proposé doit donc être aménagé pour chaque discipline.

##### **• Le choix d'une situation – problème :**

- analyser les savoirs visés et déterminer les objectifs à atteindre ;
- repérer les acquis initiaux des élèves ;
- identifier les conceptions ou les représentations des élèves, ainsi que les difficultés persistantes (analyse d'obstacles cognitifs et d'erreurs) ;
- élaborer un scénario d'enseignement en fonction de l'analyse de ces différents éléments.

### • L'appropriation du problème par les élèves :

Les élèves proposent des éléments de solution qui permettent de travailler sur leurs conceptions initiales, notamment par confrontation de leurs éventuelles divergences pour favoriser l'appropriation par la classe du problème à résoudre.

L'enseignant guide le travail des élèves et, éventuellement, l'aide à reformuler les questions pour s'assurer de leur sens, à les recentrer sur le problème à résoudre qui doit être compris par tous. Ce guidage ne doit pas amener à occulter ces conceptions initiales mais au contraire à faire naître le questionnement.

### • La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles :

- formulation orale ou écrite de conjectures ou d'hypothèses par les élèves (ou les groupes) ;
- élaboration éventuelle d'expériences, destinées à tester ces hypothèses ou conjectures ;
- communication à la classe des conjectures ou des hypothèses et des éventuels protocoles expérimentaux proposés.

### • L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves :

- moments de débat interne au groupe d'élèves ;
- contrôle de l'isolement des paramètres et de leur variation, description et réalisation de l'expérience (schémas, description écrite) dans le cas des sciences expérimentales, réalisation en technologie ;
- description et exploitation des méthodes et des résultats ; recherche d'éléments de justification et de preuve, confrontation avec les conjectures et les hypothèses formulées précédemment.

### • L'échange argumenté autour des propositions élaborées :

- communication au sein de la classe des solutions élaborées, des réponses apportées, des résultats obtenus, des interrogations qui demeurent ;
- confrontation des propositions, débat autour de leur validité, recherche d'arguments ; en mathématiques, cet échange peut se terminer par le constat qu'il existe plusieurs voies pour parvenir au résultat attendu et par l'élaboration collective de preuves.

### • L'acquisition et la structuration des connaissances :

- mise en évidence, avec l'aide de l'enseignant, de nouveaux éléments de savoir (notion, technique, méthode) utilisés au cours de la résolution,
- confrontation avec le savoir établi (comme autre forme de recours à la recherche documentaire, recours au manuel), en respectant des niveaux de formulation accessibles aux élèves, donc inspirés des productions auxquelles les groupes sont parvenus ;
- recherche des causes d'un éventuel désaccord, analyse critique des expériences faites et proposition d'expériences complémentaires,
- reformulation écrite par les élèves, avec l'aide du professeur, des connaissances nouvelles acquises en fin de séquence.

### • La mobilisation des connaissances :

- exercices permettant d'automatiser certaines procédures, de maîtriser les formes d'expression liées aux connaissances travaillées : formes langagières ou symboliques, représentations graphiques... (entraînement), liens ;
- nouveaux problèmes permettant la mise en œuvre des connaissances acquises dans de nouveaux contextes (réinvestissement) ;
- évaluation des connaissances et des compétences méthodologiques.

## Problématique

La mise en place de la démarche d'investigation implique des changements dans les pratiques d'enseignement, dans différents registres.

La conception et la mise en œuvre dans les classes de telles démarches supposent, sur le plan pédagogique, un déplacement d'un point de vue transmission-application vers un cadre socioconstructiviste qui donne davantage de responsabilité aux élèves en termes de développement de démarches et d'élaboration de savoirs. Les fonctions de l'enseignant s'en trouvent sensiblement modifiées (Weil-Barais & Dumas Carré, 1998 ; Morge, 2001). Son rôle n'est plus tant de présenter les résultats de la science que de proposer des problèmes aux élèves, problèmes dont le traitement sera l'occasion d'apprentissages de concepts, de savoir-faire, de démarches. Ses interventions auprès des élèves n'ont plus alors comme principal but de transmettre des connaissances, mais plutôt de créer des situations favorables au développement de démarches et à la construction de savoirs par les élèves.

La formulation d'une situation-problème, telle que introduite par les programmes, suppose que l'enseignant « identifie les conceptions ou les représentations des élèves, ainsi que les difficultés persistantes (analyse des obstacles cognitifs et d'erreurs) ». Cela suppose donc que les enseignants connaissent les conceptions des élèves dans différents domaines des sciences physiques et qu'ils soient capables de les exploiter dans le cadre de l'élaboration de séquences qui auraient alors pour but de faire évoluer ces conceptions.

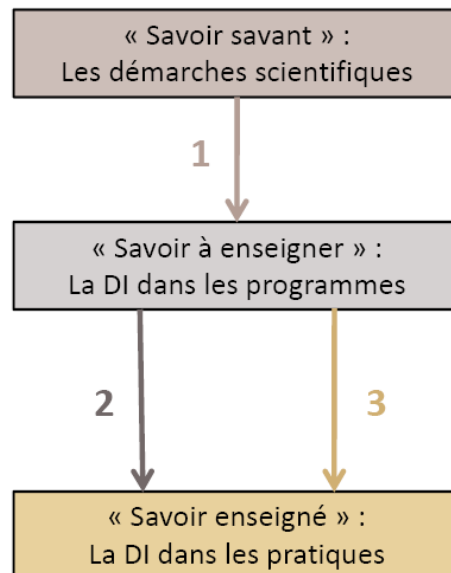
On voit que cela suppose également des clarifications épistémologiques. S'il s'agit de permettre aux élèves de développer des démarches scientifiques, à quelle image des démarches scientifiques réfère-t-on ? Quels types de problèmes leur propose-t-on ? Quelles dimensions des démarches scientifiques privilégie-t-on dans l'élaboration des tâches proposées aux élèves ?

On se retrouve face à un problème de transposition didactique. Cette notion développée par Chevallard (1991) désigne l'ensemble des transformations que subissent les savoirs construits dans la sphère savante jusqu'à leur appropriation par les élèves, en passant par leur description dans les programmes scolaires, l'appropriation de ces savoirs « scolarisés » par les enseignants, l'enseignement de ces savoirs « scolarisés » aux élèves, etc. Chevallard découpe ce processus de transposition en trois étapes principales : les « savoirs savants », qui correspondent aux savoirs produits par l'activité scientifique ; les « savoirs à enseigner », correspondant aux dérivés des savoirs

savants, découpés et reformulés par l'institution scolaire ; les « savoirs enseignés », ayant encore subi quelques transformations, dues à l'interprétation des directives officielles par les enseignants.

Nous proposons de reprendre ici ce modèle de Chevallard et de l'appliquer non pas à des concepts, à des savoirs, mais à des démarches scientifiques, puisque notre objet d'étude est la démarche d'investigation (Figure 1). Nous avons ainsi les démarches scientifiques employées par les chercheurs, correspondant aux « savoirs savants » ; la démarche d'investigation telle qu'elle est décrite dans les programmes correspond au « savoir à enseigner » ; enfin, la démarche d'investigation à travers les pratiques des enseignants correspondant au « savoir enseigné ».

Les numéros 1, 2 et 3 dans la figure correspondent aux trois questions de recherche que nous développons immédiatement après. Leur emplacement sur la figure indique l'étape de la transposition que nous questionnons.



**Figure 1 : des démarches en sciences à la démarche d'investigation dans les pratiques**

On peut alors se poser les questions suivantes :

1. Quelle transposition des démarches scientifiques trouve-t-on dans la démarche d'investigation ?

En quoi la démarche d'investigation, telle qu'elle est décrite dans les programmes constitue-t-elle une transposition des démarches scientifiques : quels éléments en sont privilégiés ? Quels décalages introduit-elle ? Il s'agit ici d'analyser le passage du « savoir savant » (les démarches de la

science) au « savoir à enseigner » (la démarche d'investigation telle qu'elle est décrite dans les directives officielles).

### 2. Comment les enseignants s'approprient-ils ce type de démarche avec les moyens dont ils disposent ?

Différents travaux de didactique des sciences (Hirn, 1995 ; Couchouron *et al.*, 1996), notamment dans le cadre du projet européen STISS<sup>1</sup> (Pintó, 2005 ; Chauvet, 2000 ; Viennot *et al.*, 2005) se sont penchés sur l'appropriation et la mise en pratique d'intentions didactiques nouvelles par les enseignants de sciences. Ces recherches ont montré que de nombreux facteurs faisaient écran à la perception de ces intentions. Parmi ces facteurs, on trouve les habitudes professionnelles, étudiées notamment par Hirn (1995) et Couchouron *et al.* (1996). Ces dernières montrent que les intentions des auteurs des programmes se trouvent déformées lorsqu'elles viennent s'intégrer dans des pratiques déjà installées : « [...] les enseignants lisent les textes du nouveau programme en se référant à ce qu'ils faisaient auparavant, plutôt qu'en se laissant guider par la logique interne de celui-ci. Cette référence semble leur masquer les objectifs de la nouvelle présentation et ses capacités à résoudre certaines difficultés pourtant bien connues d'eux » (Couchouron *et al.*, 1996, p. 92). Les habitudes professionnelles, comme les autres facteurs « déformants », sont donc considérées comme des obstacles à une appropriation et une mise en application fidèles des intentions des rédacteurs des programmes.

Mayen et Savoyant (2002), deux chercheurs en didactique professionnelle, se sont également intéressés à ce même processus de transformation. Leurs recherches portent sur la transformation des intentions présentes dans tout texte prescripteur, lors du passage à la pratique, par les opérateurs auxquels les prescriptions sont destinées. Les deux chercheurs tentent de caractériser les éléments qui interagissent avec les intentions des prescripteurs (pour ce qui nous concerne, le Ministère de l'Education nationale), et de comprendre leurs effets dans les pratiques des professionnels (pour nous, les enseignants). Ils signalent que les intentions des prescripteurs viennent s'inscrire dans des pratiques déjà installées, construits à partir de la capitalisation d'expérience de chaque praticien, de son appropriation des prescriptions précédentes, mais aussi d'un ensemble d'éléments identitaires. La façon dont les enseignants s'approprient les instructions officielles constituerait alors une « réponse » aux prescriptions. Mayen et Savoyant (2002) qualifient l'ensemble des transformations subies de « réinvention » et « réélaboration », et voient la cause de ces modifications dans l'intégration active des prescriptions dans les pratiques, par les utilisateurs, en

---

<sup>1</sup> <http://crecim.uab.cat/websttis/index.html>

vue d'une adaptation réfléchie à leurs propres buts et ressources. Cette interaction entre les prescriptions et les pratiques est donc, selon eux, un phénomène inéluctable, constitutif de ce processus d'appropriation, qu'il est nécessaire de prendre en compte, de la formulation des prescriptions jusqu'à l'intervention formatrice.

Nous nous demanderons donc comment les enseignants s'approprient ce nouvel objet d'enseignement et tenterons de caractériser et d'analyser les adaptations qu'ils lui apportent. On étudie alors une autre étape de la transposition didactique : l'interprétation des programmes par les enseignants et ses effets dans les pratiques. Il s'agit donc de dresser un premier tableau de l'appropriation par les enseignants de ces nouvelles directives. Nous réalisons, dans un premier temps, un travail à finalité descriptive, sans rechercher les facteurs intervenant dans le processus de « réinvention ». Que perçoivent les enseignants de la démarche d'investigation, telle qu'elle est décrite dans les programmes ? Comment mettent-ils en œuvre ces directives ? Quelles adaptations leur apportent-ils ? Certains aspects retiennent-ils leur attention plus que d'autres ?

3. Comment les enseignants s'approprient-ils les éléments de formation que nous leur proposons pour une mise en œuvre de la démarche d'investigation ? Quels problèmes évoquent-ils ?

Pour répondre à cette troisième question de recherche, nous avons choisi d'élaborer une formation. Nous nous inscrivons dans la démarche de Mayen et Savoyant (2002), qui considèrent la formation professionnelle comme un cadre pour l'établissement d'un « dialogue » entre les concepteurs des textes et les utilisateurs. Il s'agit donc, pour nous, à la fois de prendre en compte les pratiques des enseignants, et de fournir à ces derniers des savoirs et des savoir-faire associés. Ces savoirs, dans le cadre de cette étude, correspondent à un ensemble cohérent de notions à maîtriser et de compétences associées, pour une compréhension critique et une mise en application pertinente des directives sur la démarche d'investigation. Nous avons élaboré ces savoirs et savoir-faire à partir des résultats de nos analyses précédentes, c'est-à-dire à partir des particularités de la démarche d'investigation (1<sup>e</sup> question de recherche), et à partir de la façon dont les enseignants se sont approprié les directives officielles (2<sup>e</sup> question de recherche).

Il s'agira donc de suivre, tout au long de la formation, la façon dont les enseignants s'approprient les savoirs et mettent en pratique les savoir-faire abordés en formation, et d'être également attentive aux questions qu'ils font émerger quant à la mise en pratique de ces savoirs. Il nous faudra, pour cela, écouter la façon dont les enseignants perçoivent la possibilité d'intégration de ces nouvelles directives dans leurs pratiques, car leurs points de vue constituent le terrain dans



lequel vont devoir s'enraciner ces nouvelles intentions. Nous relèverons également leurs attentes et besoins en termes d'outils.

## 1. Chapitre 1 : Démarche d'investigation et transposition didactique

Dans ce chapitre, nous répondons aux deux premières questions de recherche. Dans une première partie, « Des démarches en sciences à la démarche d'investigation », nous traitons la question : Quelle transposition des démarches scientifiques trouve-t-on dans la démarche d'investigation ?

Dans une seconde partie, « De la démarche d'investigation dans les programmes à la démarche d'investigation dans les pratiques », nous tentons de répondre à la question : Comment les enseignants s'approprient-ils ce type de démarche avec les moyens dont ils disposent ?

### 1.1.Des démarches en sciences à la démarche d'investigation

#### 1.1.1. Problème scientifique / situation-problème

Dans la littérature épistémologique contemporaine, plusieurs approches de la notion de problème en sciences coexistent. Dans la perspective de notre recherche, nous en avons choisi quelques unes, formulées par trois philosophes différents. Nous ne prétendons pas à l'exhaustivité, bien que les trois points de vue que nous allons présenter donnent une représentation assez large des visions existantes.

Thomas S. Kuhn, dans *La structure des révolutions scientifiques* (1962), envisage deux grandes catégories de problèmes scientifiques.

La première correspond au fonctionnement de la « science normale », dans le cadre d'un paradigme en vigueur. Il s'agit d'« *étendre* la connaissance des faits que le paradigme indique comme particulièrement révélateurs, en augmentant la corrélation entre ces faits et les prédictions du paradigme, et en ajustant davantage le paradigme lui-même » (p. 46). La finalité des recherches se déroulant dans un tel contexte n'est donc pas tant de trouver des nouveautés d'importance capitale, que de faire preuve d'ingéniosité, pour trouver la manière la plus habile de parvenir à la solution de problèmes « *dont on peut supposer qu'ils ont une solution [...]. Dans une large mesure, ce sont là les seuls problèmes que la communauté considérera comme scientifiques ou qu'elle acceptera d'aborder comme tels* » (p. 63). Kuhn qualifie ce type de problèmes d'*énigmes* (en anglais *puzzles*). Cette catégorie inclut « *trois classes de problèmes – détermination des faits significatifs ; concordance des faits et de la théorie ; élaboration de la théorie* » (p. 59).

L'autre catégorie de problèmes envisagée par Kuhn intervient dans le contexte d'apparition de découvertes scientifiques. Selon lui, un problème, à l'origine d'une découverte scientifique, naît lorsqu'une *anomalie* est repérée dans un contexte de science normale. Cette définition du problème selon Kuhn, conserve donc la connotation héritée du langage courant : il apparaît comme une anomalie au regard de ce qui est attendu. Il énumère ainsi les étapes d'apparition de ce type de problème, et ses conséquences sur l'activité scientifique : « *la conscience antérieure de l'anomalie, l'émergence graduelle de sa reconnaissance, sur le plan simultanément de l'observation et des concepts ; enfin, dans les domaines et les procédés paradigmatiques, un changement inévitable, souvent accompagné de résistance* » (p. 96).

Larry Laudan minimise la distinction faite par Kuhn, qu'il juge trop radicale, entre les périodes de « science normale » et celles des « révolutions scientifiques ». Il considère que la résolution de problèmes est un processus historiquement continu. Les problèmes demeurent, chez Laudan, des moteurs du progrès dans le savoir : « *La science est essentiellement une activité qui vise à résoudre des problèmes* » (Laudan, 1977, p.31). Dans son ouvrage *La dynamique de la science*, il distingue deux types de problèmes : les problèmes empiriques et les problèmes conceptuels.

Les premiers sont à considérer au sens large de « *tout ce qui nécessite une explication* » (Laudan, 1977, p. 34). Ainsi, expliquer pourquoi les objets tombent sur Terre, et la disparition d'alcool laissé dans un verre, sont deux problèmes qui relèvent de l'activité scientifique (Laudan, 1977, p.34). La résolution des problèmes empiriques permet l'élaboration de théories : « *si les problèmes constituent les questions qui se posent aux sciences, ce sont les théories qui constituent les réponses* » (p. 33).

Laudan parle également de problèmes conceptuels. Il s'agit de problèmes qui émergent des théories elles-mêmes. Ce sont « *des questions [...] relatives au bien-fondé des structures conceptuelles (c'est-à-dire des théories) qui ont été inventées pour répondre aux questions d'ordre premier* » (Laudan, 1977, p. 66), c'est-à-dire aux problèmes empiriques. Les problèmes conceptuels apparaissent quand une théorie contient des incohérences internes, ou quand les défenseurs d'une théorie, qu'ils croyaient rationnellement bien fondée, se trouvent face à une théorie rivale.

Enfin, Ian Hacking pose sur l'activité scientifique en général, et sur les problèmes scientifiques en particulier, un regard plus ouvert encore. L'activité scientifique aurait deux finalités différentes : la représentation et l'intervention (Hacking, 1984, p. 242). La première renvoie à l'idée de science comme « *cadre formel nécessaire au regroupement des phénomènes dans un ordre cohérent* » (Hacking, 1984, p. 356). Il s'agit de problèmes visant l'élaboration d'une théorie, d'une loi,

l'interprétation de phénomènes, etc. La seconde renvoie davantage au savoir « *comme outil de transformation du monde* » (Hacking, 1984, p. 245). Cette « transformation du monde » a lieu quand le scientifique intervient sur la nature, c'est-à-dire lorsqu'il expérimente, observe, mesure, ou encore crée de nouveaux phénomènes. Ces deux perspectives, représentation et intervention, ne s'excluent pas. Au contraire, elles « dialoguent » depuis les débuts des sciences expérimentales, au 17<sup>e</sup> siècle (Hacking, 1984, p. 242), certains moments de l'activité scientifique mettant l'accent sur l'un ou l'autre de ces aspects.

La démarche d'investigation, telle qu'elle apparaît dans les programmes de 5<sup>e</sup> et de 4<sup>e</sup>, s'articule autour du choix d'une situation-problème par le professeur. Il s'agit de déterminer les objectifs à atteindre et d'élaborer un scénario d'enseignement, en prenant en compte les savoirs visés, les acquis initiaux des élèves, mais aussi les conceptions, représentations, et difficultés persistantes (M.E.N., programmes du collège, 2008, p. 4). Cette notion de situation-problème est absente des programmes de l'école primaire qui réfèrent à l'idée de « situation de départ », censée « *[focaliser] la curiosité des élèves, [déclencher] leurs questions et [leur permettre] d'exprimer leurs idées préalables* » (M.E.N., programmes de l'école primaire, 2007, p. 96). La notion de situation-problème est en revanche présente dans les programmes de seconde qui en font le cœur de l'exercice de la démarche scientifique (M.E.N., programmes de la classe de 2<sup>de</sup> générale, 1999, p. 23).

Apparues lors de la rénovation des enseignements de médecine au Canada, les « situations-problèmes » visaient à rendre plus concret, plus signifiant, l'enseignement de la médecine en « contextualisant » les apprentissages par rapport à des cas concrets. On trouve dans de nombreuses caractérisations de la notion de situation-problème l'idée de problème concret, donc complexe, de référence à la vie « réelle », c'est-à-dire de problème non exclusivement scolaire. On croise ici la notion de « pratique de référence » développée par Martinand (1983) : les problèmes traités à l'école doivent faire référence à des problèmes « réels », c'est-à-dire des problèmes ayant une existence hors du contexte scolaire, que ce soit dans la vie quotidienne ou dans différentes pratiques sociales ou professionnelles. Cette notion de situation-problème s'est particularisée chez Meirieu (1987), Astolfi (1993), Fabre (1999) par exemple, qui y ont ajouté l'idée d'un obstacle à franchir, dans une vision bachelardienne de l'apprentissage (la connaissance se construit contre la pensée commune). Elle se singularise encore chez Robardet qui présente la situation-problème comme un compromis acceptable entre la démarche scientifique et les contraintes de la classe, l'objectif étant de promouvoir la construction d'un savoir scientifique par « l'attaque » d'une conception et la mise en place d'une démarche de type hypothético-déductif (Robardet, 2001).

La démarche préconisée par les nouveaux programmes de collèges s'inscrit dans cette dernière perspective. La première étape du canevas, « *le choix d'une situation-problème par le professeur* », invite les enseignants à « *élaborer un scénario d'enseignement* » qui s'appuie, notamment, sur « *l'analyse d'obstacles cognitifs* » (M.E.N., programmes du collège, 2008, p. 4). Le problème à résoudre naîtrait donc d'une contradiction – anticipée et organisée par l'enseignant – entre les idées de l'élève et une situation élaborée à dessein. Un élève s'attend par exemple à observer telle manifestation de ce qu'il pense dans la nature, son attente est déçue (l'observation n'est pas conforme à son attente), et c'est alors que le problème émerge.

On voit donc que le type de problème suggéré dans une démarche d'investigation est très particulier, vis-à-vis de l'ensemble des visions du problème scientifique que nous avons présentées plus haut. En effet, le canevas de la démarche d'investigation n'évoque pas des problèmes tels que la mise au point d'un dispositif en vue d'obtenir un fait, ou encore l'élaboration d'un test, c'est-à-dire des problèmes de type « intervention », selon la dénomination de Hacking. Les situations-problèmes correspondent à un ensemble restreint de problèmes de type « représentation » (Hacking, 1984), ou de « problèmes empiriques » (Laudan, 1977). En effet, les enseignants sont invités à élaborer des séquences basées sur le dépassement d'obstacles cognitifs, en vue de l'acquisition de connaissances par les élèves. Des problèmes tels que l'interprétation d'un phénomène, sans que ce phénomène ne contredise les attentes *a priori* des élèves, ne sont pas envisagés dans le cadre d'une démarche d'investigation. La plus forte ressemblance apparaît donc entre la « situation-problème » des programmes et le « problème anomalie » de Kuhn : ces deux types de problèmes se construisent à partir de l'observation d'un phénomène non conforme aux attentes, aux idées *a priori* de l'observateur, qu'il soit élève ou scientifique.

### 1.1.2. Démarches en sciences / démarche hypothético-déductive

Les essais de caractérisation de démarches propres aux sciences ont d'abord visé à caractériser « *une méthode scientifique sur laquelle nous pourrions nous accorder et qui nous mènera ainsi à une croyance rationnelle et sûre* » (Hacking, 1984, p. 200), justifiant ainsi le caractère particulier des connaissances produites par ces disciplines.

L'émergence des sciences expérimentales au 17<sup>e</sup> siècle a conduit à opposer une méthode inductive à la méthode déductive héritée d'Aristote. Tandis que la méthode d'Aristote consiste en la déduction de faits particuliers à partir de vérités générales, l'induction a pour finalité la formulation

de généralités, ayant le statut de « vérités », à partir d'un nombre important, mais fini, de récurrences observées dans la nature, ou à travers des expériences. Ainsi cartésiens et newtoniens sont souvent opposés du point de vue de leurs méthodes, les premiers usant de la méthode déductive pour élaborer des connaissances, l'expérience ne servant qu'à vérifier la proposition déduite ; les seconds s'appuyant, avant toute chose, sur l'expérience pour construire des savoirs.

Notons également la place centrale donnée à l'induction dans la philosophie des sciences du 19<sup>e</sup> et du début du 20<sup>e</sup> siècle (Popper, 1959 ; Chalmers, 1976). Les limites de l'induction, déjà formulées par Hume au 18<sup>e</sup> siècle, ont été progressivement reconnues : comment un ensemble fini d'observations sur des événements passés peut-il garantir que ces événements se produiront toujours dans le futur ?<sup>2</sup> C'est ainsi que l'hypothèse s'est retrouvée au centre du débat.

La philosophie des positivistes, scientifiques et philosophes de la première moitié du 20<sup>e</sup> siècle, s'appuie sur la description de faits observables, par des énoncés logiques et vérifiables par l'expérience. Ils rejettent toute recherche des causes, c'est-à-dire toute proposition théorique née de l'imagination, qualifiée de « pseudo-proposition » (par exemple, l'éther, les atomes, etc.). Ce type d'énoncés relève, selon eux, de la métaphysique<sup>3</sup>. Leur doctrine a ainsi conduit, par la suite, à distinguer deux grandes familles d'hypothèses. La première correspond à une généralisation dans un processus inductif : de nombreuses observations concordantes permettent la formulation d'une hypothèse généralisatrice. Le second type d'hypothèses s'inscrit dans un processus créatif : il s'agit de créer de nouvelles entités théoriques (neutrinos, trous noirs, etc.) qui ne sont pas directement observables, mais qui sont de nature à permettre une explication plausible de certains faits<sup>4</sup>.

Les démarches s'appuyant sur la formulation d'hypothèses visaient, de la même manière que la déduction et l'induction, la recherche d'énoncés « vrais », l'hypothèse se trouvant vérifiée ou définitivement écartée par l'expérience. Progressivement, le statut de l'hypothèse change. Ainsi, dans ses premiers écrits, Popper s'oppose-t-il à l'idée de vérification ou même de confirmation d'une hypothèse par l'expérience, mais met en avant la possibilité de sa réfutation (ou falsification) : l'hypothèse « tous les cygnes sont blancs » ne peut pas être vérifiée, mais l'observation d'un seul cygne noir suffirait à la réfuter. Popper s'inscrit donc encore dans une logique de recherche de vérité, par suppression des énoncés faux. Ses derniers travaux avancent plutôt de l'idée de *corroboration*

---

<sup>2</sup> Tiercelin, C. (1999). Induction. In D. Lecourt (Eds.) *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences* (pp. 506-511). Paris, PUF (réed. 2003).

Thomas, J.-P. (2008). Méthode scientifique. *Encyclopedia Universalis*.

<sup>3</sup> Lecourt, D. (1999). Positivisme. In D. Lecourt (Eds.) *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences* (pp. 745-750). Paris, PUF (réed. 2003).

<sup>4</sup> Thomas, J.-P. (2008). Hypothèse. *Encyclopedia Universalis*.

d'une théorie par l'expérience : plus l'hypothèse résiste à la falsification, plus elle est renforcée, c'est-à-dire rationnellement préférable à d'autres hypothèses (Popper, 1959 ; Hacking, 1984).

Bien que *La théorie physique, son objet et sa structure* (1906) soit paru bien avant les travaux de Popper, Pierre Duhem, son auteur, propose une vision de la démarche scientifique plus large que celle que Popper défendra. Les travaux de Duhem s'inscrivent dans le prolongement de la thèse holiste, et seront popularisés un demi-siècle plus tard par ses héritiers anglo-saxons, Quine et Kuhn notamment. Duhem avance « *qu'une expérience de Physique ne peut jamais condamner une hypothèse isolée, mais seulement tout un ensemble théorique* » (Duhem, 1906, p. 278), car selon lui, pour déduire une prédiction et pour la soumettre à l'expérience, le physicien fait nécessairement appel à d'autres propositions théoriques. Si le résultat d'une expérience est contradictoire avec l'hypothèse, c'est peut-être un autre principe de la théorie (une « hypothèse auxiliaire ») qui est en cause, sans que l'expérience ne signale lequel... C'est l'ensemble de ces propositions théoriques qui doit être remis en question, et non seulement l'hypothèse isolée que le physicien veut tester. Duhem met également en cause « l'expérience cruciale », défendue par F. Bacon (1620). Il s'appuie pour cela sur un raisonnement purement logique qui peut se traduire de cette façon : soient deux (ou plus) hypothèses rivales, censées représenter l'exhaustivité des possibilités d'interprétation d'un phénomène, si l'une des hypothèses est réfutée par l'expérience, on ne peut pas déduire que cette expérience « transforme en vérité » l'une des autres hypothèses en présence (Duhem, 1906, p. 288). Il rejette ainsi l'idée que le physicien puisse « *[épuiser] toutes les suppositions imaginables* » (Duhem, 1906, p. 289) pour interpréter un phénomène.

De plus, historiquement, si les théories un jour réfutées par les résultats d'une expérience avaient toutes été éliminées, le développement de la mécanique de Newton aurait été stoppé par les désaccords entre les prédictions de cette théorie et les observations sur le mouvement de Mercure, par exemple (Kuhn, 1962).

A cette recherche d'un schéma unificateur des démarches scientifiques, ou du moins des démarches de *validation* des théories produites, sont venues s'opposer des approches intégrant des dimensions historiques et sociologiques. Dans les travaux de Kuhn, il n'est plus question d'identifier une méthode susceptible d'expliquer le « progrès scientifique », mais plutôt de caractériser différents aspects de l'activité des chercheurs. Si Kuhn retient toujours, comme critère de validité d'un paradigme, son adéquation aux faits, il montre comment ce critère doit être nuancé, un nouveau paradigme pouvant être accepté parce qu'il répond à certaines « anomalies » repérées dans

le cadre du précédent, même s'il se révèle moins performant pour expliquer certains phénomènes expliqués par le précédent (Kuhn, 1962).

De manière radicale et originale, Feyerabend rejette, quant à lui, toutes les tentatives passées et futures de caractérisation de « la » méthode scientifique. Dans son ouvrage *Contre la méthode*, il dénonce ces caractérisations méthodologiques, qu'il considère comme des contraintes, des freins aux progrès de la science, plutôt qu'une ligne de conduite à laquelle il faudrait se soumettre. D'après lui, « *le seul principe qui n'entrave pas le progrès est : tout est bon* ». Un scientifique doit être un « *opportuniste sans scrupules, qui n'est attaché à aucune philosophie particulière, et qui adopte n'importe quel procédé pourvu qu'il semble adapté aux circonstances* » (Feyerabend, 1975, p. 14).

Comme nous l'avons présenté plus haut, la démarche d'investigation se déroule à partir d'une situation-problème, cette dernière se rapprochant de la présentation qu'en fait Robardet (2001). Outre la prise en compte des conceptions des élèves, les étapes 3 et 4 du canevas décrivent une démarche communément appelée « hypothético-déductive ». Sophie Roux, épistémologue, décrit ainsi le schéma hypothético-déductif :

« *Soit H une hypothèse théorique qui est conforme à toutes les données dont on dispose. On en déduit une conséquence nouvelle, qui est expérimentalement testable. De deux choses l'une :*

- i. Soit cette conséquence nouvelle se révèle contraire à l'expérience, on considère alors que l'hypothèse est infirmée ou encore réfutée par l'expérience E ;*
- ii. Soit l'expérience est telle qu'on l'avait prévu par déduction, on considère alors que l'hypothèse est confirmée par E (ou corroborée = non-infirmée, si l'on tient à avoir la prudence popperienne).* » (Roux, 2007)

Dans la description des étapes 3 et 4 du canevas (M.E.N., programmes du collège, 2008, p. 4), on retrouve de nombreux éléments s'apparentant à ce schéma. L'étape 3, intitulée « *La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles* », consiste notamment en :

- la « *formulation orale ou écrite de conjectures ou d'hypothèses par les élèves (ou les groupes)* » ;
- l'« *élaboration éventuelle d'expériences, destinées à tester ces hypothèses ou conjectures* ».

L'étape 4, présentée comme « *L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves* », correspond à la réalisation de l'expérience qui permet de tester les hypothèses formulées :

- « *contrôle de l'isolement des paramètres et de leur variation, description et réalisation de l'expérience (schémas, description écrite) dans le cas des sciences expérimentales [...]* ;



- *description et exploitation des méthodes et des résultats ; recherche d'éléments de justification et de preuve, confrontation avec les conjectures et les hypothèses formulées précédemment. » (C'est nous qui soulignons.)*

Ce modèle « hypothético-déductif » a pu être considéré comme une alternative souhaitable à l'inductivisme dominant dans l'enseignement des sciences (Johsua & Dupin, 1986 ; Désautels *et al.*, 1993 ; Robardet & Guillaud, 1997). Il peut se révéler pertinent, dans les limites soulignées précédemment, s'il s'agit d'étudier un phénomène, ses conditions d'apparition, les variables dont il dépend, ou d'en donner une interprétation, une explication... Certains objectifs du programme peuvent donc se révéler favorables au développement de telles « démarches d'investigation ». L'objectif « Ombre propre, ombre portée » pour le niveau 5<sup>e</sup> (M.E.N., programmes du collège, 2008, p. 16), par exemple, peut être atteint à travers des activités en classe au cours desquelles les élèves peuvent formuler et tester par l'expérience leurs hypothèses portant sur la position, la taille, la forme des ombres, en fonction des positions de la source, de l'objet, etc. D'autres objectifs se prêtent moins directement, voire pas du tout, à une démarche d'investigation telle qu'elle est décrite en introduction des programmes. « Test de reconnaissance de l'eau par le sulfate de cuivre anhydre », dans le programme de 5<sup>e</sup> (M.E.N., programmes du collège, 2008, p. 13), correspond à la mise en œuvre d'une technique.

Quoi qu'il en soit, le modèle présenté dans les directives officielles ne peut, à lui seul, rendre compte de la variété des démarches propres à l'activité scientifique. Se limiter à un tel modèle donnerait de la science, telle qu'elle se fait, une image pour le moins restrictive.

### **1.2. De la démarche d'investigation dans les programmes à la démarche d'investigation dans les pratiques**

Comment les enseignants s'approprient-ils ce type de démarche avec les moyens dont ils disposent ? A travers cette question de recherche, nous nous intéressons à la deuxième étape de la transposition didactique (Chevallard, 1991) que nous avons présentée précédemment, c'est-à-dire au passage du « savoir à enseigner », soit la démarche d'investigation telle qu'elle est décrite dans les programmes, au « savoir enseigné », qui correspond ici à la démarche d'investigation dans les pratiques des enseignants, plus particulièrement dans le travail d'élaboration de séquences. Il s'agit donc de dresser un tableau décrivant la façon dont les enseignants élaborent des séquences d'investigation, à partir des directives officielles.

L'étude de ces pratiques d'enseignement permettra de faire ressortir les éléments des programmes qui ont été interprétés par les enseignants de la manière souhaitée par les auteurs, et les points qui, au contraire, ont été déformés lors du passage à la pratique. L'analyse du type de modifications subies, couplées à notre analyse de la démarche d'investigation d'un point de vue épistémologique, nous permettent d'élaborer des objectifs de formation. Au cours de la session, nous introduisons des connaissances et compétences dont nous jugeons la maîtrise nécessaire pour créer et mettre en place une séquence d'investigation, telle qu'elle est décrite dans les programmes officiels. Cependant, nous souhaitons que ces savoirs et savoir-faire soient suffisamment ouverts pour permettre aux enseignants de poser un regard critique sur la démarche d'investigation et de la situer par rapport à d'autres méthodes possibles.

### 1.2.1. Méthodologie

Nous avons choisi de nous intéresser à des fiches de préparation de séquences, labellisées « démarche d'investigation », accessibles sur les sites internet de ressources pédagogiques des académies. Nous considérons qu'elles sont représentatives de ce que l'institution reconnaît, au niveau académique, comme une traduction des indications des programmes. Elles sont rédigées par des enseignants à l'intention de leurs collègues et comportent des indications détaillées de mise en œuvre de la séquence (déroulement en différentes étapes, rôles de l'enseignant et des élèves, ...), et aussi, pour certaines d'entre elles, des réactions d'élèves.

L'intérêt de l'utilisation de tels documents comme révélateurs des pratiques est souligné en particulier par Elmore (1996), Tiberghien *et al.* (2001), Högström & Ottander (2004). Ils constituent, selon eux, un outil caractéristique des pratiques, très répandu dans l'enseignement des sciences expérimentales, et qui « *conditionne fortement les activités des étudiants* »<sup>5</sup> (notre traduction, Tiberghien *et al.*, 2001, p. 489). Elmore considère que ce type de documents fait partie du « *cœur des pratiques d'enseignement* »<sup>6</sup> (notre traduction, Elmore, 1996, p. 1), en ce sens qu'ils permettent d'accéder à la façon dont les enseignants se représentent la nature du savoir, le rôle de l'enseignant dans l'apprentissage des élèves, et la façon dont ces deux idées se mêlent et se manifestent dans leurs pratiques.

Nous avons choisi de traiter principalement la phase d'élaboration de séquences, c'est-à-dire le travail préliminaire de l'enseignant, avant la mise en œuvre de la séquence dans la classe. Nous considérons donc que la phase d'élaboration de séquence est constitutive des pratiques des

---

<sup>5</sup> "the labsheet strongly conditions the students' activities during labwork"

<sup>6</sup> "core of educational practice"

enseignants, et qu'elle permet de répondre à la question que nous nous posons sur la transposition des intentions des programmes à celles des enseignants. Nous n'étudions donc pas le processus de mise en œuvre de la séquence dans la classe car celui-ci peut avoir subi d'autres adaptations. Les intentions initiales des enseignants – auteurs de la fiche ou utilisateurs – peuvent, en effet, avoir plus ou moins dévié, une fois sur le terrain, pour des questions de gestion de classe. De plus, il aurait également fallu considérer la part d'interprétation des utilisateurs de la fiche, qui ne sera probablement pas totalement fidèle aux intentions initiales des auteurs. Il s'agirait là de deux autres étapes de la mise en pratique des directives officielles, que nous ne traitons pas dans le cadre de cette thèse.

Enfin, un biais doit être souligné dans cette étude. Les auteurs des fiches disponibles sur les sites des académies sont des enseignants particuliers. En effet, nous avons recueilli ces fiches au cours du premier trimestre de l'année scolaire 2006-2007, soit au commencement de l'application des programmes parus en août 2005, où apparaît pour la première fois la démarche d'investigation. Ces enseignants ont donc mis à disposition leurs fiches environ un an après la parution des programmes de 2005. On peut supposer que leurs travaux sont le résultat de réflexions, au cours de l'année scolaire 2005-2006, sur cette nouvelle méthode d'enseignement et ses possibilités de mise en pratique. Il s'agit donc d'enseignants particulièrement impliqués dans leur profession, désireux de partager des idées avec la communauté enseignante, et capables de mettre en forme leurs réflexions en vue de les communiquer à leurs collègues. Ils ne sont donc pas représentatifs de l'ensemble des enseignants. Nous pouvons cependant penser que les écarts au canevas de la démarche d'investigation constatés dans leurs fiches de préparation seraient également présents, voire amplifiés, dans les pratiques de la majorité des enseignants.

Des entretiens individuels d'enseignants (voir protocole d'entretien en annexes) ont été réalisés pour compléter cette analyse par des descriptions de séquences effectivement mises en place dans les classes. Cela vient illustrer certaines des conclusions issues de l'analyse des fiches et apporter des compléments d'information, tels que des considérations liées à la gestion de la classe, ou encore aux contraintes matérielles.

### ***1.2.1.1. Description du corpus de données***

Pour apporter des éléments de réponses à ces questions, nous avons donc utilisé deux approches complémentaires : des fiches de préparation de séquences et des entretiens individuels.

*Les fiches de préparation*

Nous avons constitué un corpus de 26 fiches (voir tableau 1 et annexes) autour de six objectifs (connaissances ou capacités) des programmes de 5<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> : « l'eau dans notre environnement », « sources de lumière », « propagation rectiligne de la lumière », « les combustions », « la loi d'Ohm », « les changements d'état de l'eau, approche phénoménologique ».

Pour chaque objectif, nous avons cherché des fiches provenant de plusieurs académies différentes, ce qui nous permet de dégager, pour chaque item choisi, des similitudes et des variations dans l'appropriation de la démarche d'investigation.

Nous avons attribué un code à chaque fiche afin de les identifier plus facilement par la suite.

**Tableau 1 : Corpus des fiches analysées**

Connaissances telles qu'énoncées dans les programmes 2008	Niveaux	Titre de la fiche	Code de la fiche
<b>L'eau dans notre environnement</b>  <i>Test de reconnaissance de l'eau par le sulfate de cuivre anhydre</i>	5 <sup>e</sup>	Test de reconnaissance de l'eau par le sulfate de cuivre anhydre	F1.1
		Le sulfate de cuivre	F1.2
		Un scoop pour toi !	F1.3
		Liquides	F1.4
		Test de reconnaissance de l'eau	F1.5
<b>Comment éclairer et voir un objet ?</b>  <i>Pour voir un objet, il faut que l'œil en reçoive de la lumière.</i>	5 <sup>e</sup>	Visualiser le trajet de la lumière	F2.1
		Peut-on voir la lumière ?	F2.2
		Démarche de modélisation en optique élémentaire	F2.3
		Energie lumineuse	F2.4
		Le trajet de la lumière	F2.5
<b>Comment se propage la lumière ?</b>  <i>Ombre propre, ombre portée</i>	5 <sup>e</sup>	La lumière	F3.1
		Le côté obscur de la scène	F3.2
		Introduction aux notions d'ombre propre, ombre portée, cône d'ombre	F3.3

## Chapitre 1

		Démarche d'investigation sur les ombres	F3.4
		Des ombres pour mesurer	F3.5
<b>Les combustions : qu'est-ce que brûler ?</b>  <i>Une combustion nécessite la présence de réactifs (combustible et comburant) qui sont consommés au cours de la combustion ; un (ou des) nouveau(x) produit(s) se forme(nt).</i>	4 <sup>e</sup>	La combustion au collège	F4.1
		Le barbecue	F4.2
		Combustion du carbone en classe de 4 <sup>e</sup>	F4.3
<b>La loi d'Ohm</b>  <i>Une « résistance » satisfait à la loi d'Ohm ; elle est caractérisée par une grandeur appelée résistance électrique.</i>	4 <sup>e</sup>	Intensité, tension, résistance	F5.1
		Relation entre l'intensité traversant un dipôle ohmique et la tension à ses bornes	F5.2
		Démarche d'investigation. La loi d'ohm	F5.3
<b>Les changements d'état</b>  <i>Lors des changements d'état, la masse se conserve et le volume varie.</i>	5 <sup>e</sup>	Comment expliquer la montée des eaux des océans en cas de réchauffement de la planète ?	F6.1
		La bouteille au congélateur	F6.2
		Variation du volume lors d'un changement d'état : la bouteille	F6.3
		Eviter les pots cassés	F6.4
		Que se passe-t-il lorsque l'eau liquide devient de la glace ?	F6.5
<b>Puissance et énergie électrique</b>  <i>L'intensité du courant électrique qui parcourt un fil conducteur ne doit pas dépasser une valeur déterminée par un critère de sécurité. Rôle d'un coupe-circuit.</i>	3 <sup>e</sup>	Les prises	F7.0

### *Les entretiens individuels*

Les entretiens ont concerné 5 enseignants de collège (P1 à P5) ayant déjà mis en place, dans leur classe, une ou plusieurs démarches d'investigation. Il s'agissait d'entretiens semi-directifs, individuels, d'environ une heure.

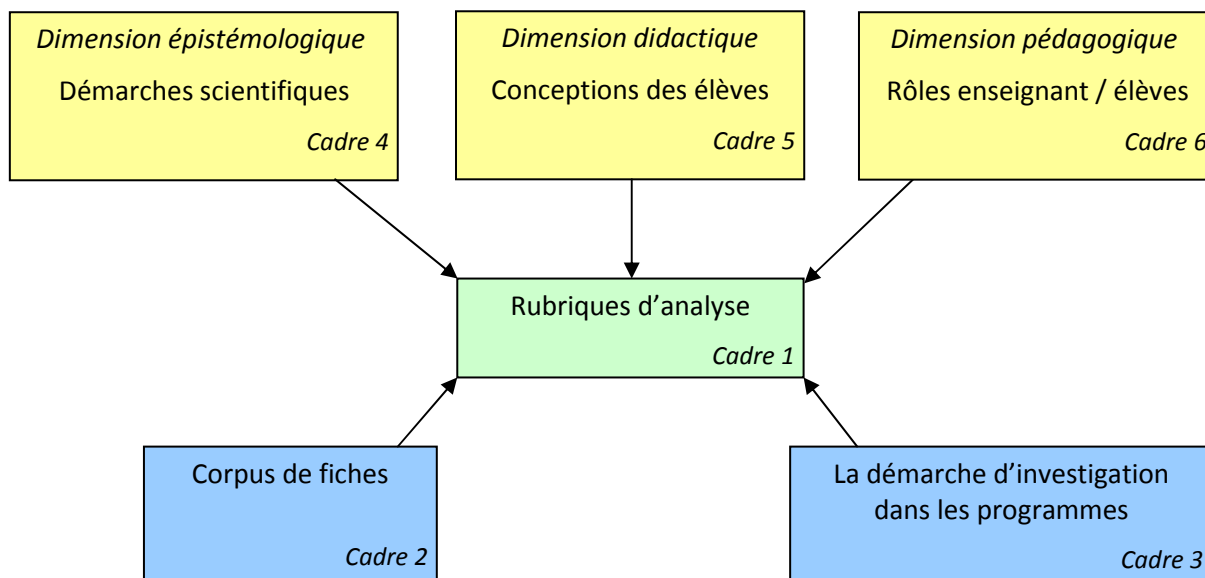
Le protocole (voir annexes) comporte trois étapes. Dans une première étape, il était demandé aux enseignants de préciser les aspects qui caractérisent, selon eux, une démarche d'investigation, puis d'explicitier les éléments qui leur semblaient intéressants et positifs, ainsi que les difficultés et les problèmes qu'ils y voyaient. La deuxième étape concerne plus directement leur pratique de la démarche d'investigation. Il leur était en particulier demandé de décrire la préparation et le déroulement d'une de leurs séquences fondée sur une démarche d'investigation, en insistant sur les éléments qu'ils jugeaient importants dans cette activité, sur les difficultés rencontrées, ainsi que les points positifs qu'ils auraient relevés. Enfin, dans un dernier temps, il leur était demandé de commenter deux fiches, que nous avons présentées plus haut (F1.1, F7.0). D'abord en recueillant leurs commentaires spontanés sur ces deux fiches, puis en pointant deux étapes particulières : la situation de départ d'une part, la formulation d'hypothèses et l'élaboration de protocoles d'autre part.

#### ***1.2.1.2. Elaboration d'une grille d'analyse des données: une approche multidimensionnelle***

Les programmes de 5<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> proposent un canevas pour la mise en place d'une démarche d'investigation. Sa structure s'organise en sept étapes dont les objectifs sont clairement détaillés (voir annexes). Il s'agit, pour les enseignants, d'un cadre de référence institutionnel ; on peut donc attendre que les fiches proposées s'appuient sur ce canevas et en illustrent les différentes étapes.

Nous avons élaboré une grille d'analyse en mettant en œuvre une approche multidimensionnelle (figure 2), telle que décrite par exemple par Strauss & Corbin (1990). Il s'agit d'une approche inductive mêlée à une approche à caractère plus théorique. La première s'ancre dans les données elles-mêmes : dans cette étude, elle résulte de la confrontation du corpus de fiches (cadre 2) avec la description de la démarche d'investigation telle qu'elle est présentée dans les programmes (cadre 3). La seconde consiste en une lecture des données à travers des cadres définis *a priori* par nous, chercheurs. Elle est menée en référence aux questions que nous nous posons. Celles-ci sont d'ordre épistémologique (quels aspects des démarches scientifiques trouve-t-on dans la démarche

d'investigation ?, cadre 4), d'ordre didactique (prise en compte des conceptions, cadre 5) et d'ordre pédagogique (rôles attribués à l'enseignant et aux élèves, cadre 6).



**Figure 2. Elaboration d'une grille d'analyse  
à partir de l'approche multidimensionnelle de Strauss & Corbin (1990)**

La prise en compte de l'ensemble de ces différents éléments, provenant à la fois de nos considérations théoriques, et émergeant directement des données, nous a amenée à dégager cinq rubriques pour l'analyse des fiches de préparation recueillies. Ces rubriques sont regroupées dans le tableau 2. Elles sont réparties selon deux catégories principales : « Construction de la situation de départ » et « Type de démarche ».

**Tableau 2 : rubriques d'analyse**

Rubriques d'analyse
<u>Construction de la situation de départ</u> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Problème à résoudre</li> <li>2. Contextualisation du problème</li> <li>3. Prise en compte des conceptions des élèves</li> </ol>
<u>Type de démarche</u> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Formulation d'hypothèses / de prévisions</li> <li>5. Elaboration d'un protocole / réalisation des expériences</li> </ol>

La première grande rubrique, « Construction de la situation de départ », est à rapprocher de la première étape du canevas de la démarche d'investigation, « *Le choix d'une situation problème* ». La lecture des fiches, à travers l'approche multidimensionnelle de Strauss & Corbin (1990), a, en effet, fait ressortir que la notion de « situation-problème » a été interprétée comme une « situation de départ » ou « situation déclenchante ». C'est ainsi que nous avons créé la rubrique « Contextualisation du problème », qui ne faisait pas partie de nos préoccupations *a priori*, et dont il n'est pas question dans les directives des programmes. Il s'agit donc d'une rubrique qui a émergé de la confrontation entre nos données (les programmes et les fiches de préparation), et qui constitue une distorsion, par les auteurs des fiches, des intentions des rédacteurs des programmes.

La seconde grande rubrique, « Type de démarche », fait référence aux étapes 3 et 4 du canevas de la démarche d'investigation : « *La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles* » et « *L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves* ». La rubrique « Formulation d'hypothèses / de prévisions » est une rubrique qui a émergé de nos préoccupations épistémologiques sur les démarches en sciences. Cependant, c'est la confrontation entre les fiches et les programmes qui nous a amenée à expliciter la présence des prévisions, ces dernières étant absentes des programmes. En effet, alors qu'il est demandé de mettre en œuvre une démarche hypothético-déductive pour résoudre le problème posé, nous avons pu constater, à la lecture des fiches que, non seulement d'autres démarches étaient prévues par les auteurs, mais que la demande de prévisions était répandue et souvent confondue avec la formulation d'hypothèses. Nous y reviendrons dans notre analyse.

Il s'agit aussi, dans cette rubrique, « Type de démarche », de relever les intentions des auteurs des fiches quant à la répartition des rôles de l'enseignant et des élèves. Les rédacteurs des programmes mettent, en effet, l'accent sur l'aspect constructiviste de la démarche d'investigation, c'est-à-dire sur les échanges entre élèves, ainsi que sur le développement de leur autonomie, pour la construction de leurs propres connaissances. Au fil des étapes de la démarche d'investigation, nous indiquerons donc, lorsque cela est possible, la nature et à la fréquence des interventions des enseignants auprès des élèves, aux types de tâches effectuées par ces derniers, et au degré d'autonomie qui leur est alloué.

### 1.2.2. Résultats

Pour chaque rubrique et sous-rubrique, nous présentons les résultats de l'analyse des fiches, que nous complétons, lorsque cela s'avère possible, par des éclairages issus des entretiens.



### *1.2.2.1. Construction de la situation de départ*

Il s'agit de caractériser les problèmes que les élèves doivent résoudre, de relever les différents types de contextualisation utilisés par les auteurs pour amener le problème, et enfin d'analyser la façon dont les conceptions des élèves ont été prises en compte, au regard des savoirs visés.

#### *1.2.2.1.1. Problème à résoudre*

Nous utilisons ici le terme de problème dans un sens large, comme il est utilisé en psychologie pour différencier activités d'exécution et activités de « résolution de problèmes » (voir par exemple Richard, 1998, p.202-204). Nous discuterons les résultats obtenus du point de vue épistémologique d'une part, et par rapport à la notion de situation-problème telle que proposée par les programmes d'autre part.

Dans les 26 fiches recueillies, les problèmes formulés sont d'ordres divers.

Parmi les cinq fiches portant sur le test d'identification de l'eau par le sulfate de cuivre anhydre, deux fiches (F1.1, F1.5) restent très proches des directives des programmes : il s'agit de détecter la présence d'eau dans différentes substances, à l'aide du sulfate de cuivre anhydre. Deux autres fiches proposent une problématisation plus éloignée du libellé des programmes. Dans l'une (F1.3), il s'agit d'identifier du sulfate de cuivre anhydre parmi plusieurs poudres blanches, sachant qu'il permet de détecter la présence d'eau ; dans l'autre (F1.2), le problème est curieusement formulé : il est demandé aux élèves d'expliquer comment deux poudres de couleurs différentes – l'une blanche (anhydre), l'autre bleue (hydraté) – peuvent porter le même nom, « sulfate de cuivre ». Enfin, dans la fiche F1.4, il s'agit de distinguer deux échantillons de liquides incolores, l'un étant de l'eau, l'autre de l'éthanol. Pour résoudre quatre des problèmes posés dans ces fiches (F1.1, F1.3, F1.4, F1.5), il s'agit pour les élèves d'élaborer le test de reconnaissance de l'eau par le sulfate de cuivre anhydre. Contrairement aux quatre autres fiches, dans la fiche F1.2, les élèves ne disposent d'aucune information sur la possibilité de tester la présence d'eau grâce au sulfate de cuivre, et ne peuvent donc pas résoudre le problème en autonomie. Dans la suite de la fiche, c'est l'enseignant qui guide pas à pas les élèves en décrivant précisément les premières expériences qu'ils doivent réaliser : mouiller la poudre blanche, mouiller la poudre bleue. A partir de leurs observations, c'est aux élèves de proposer une expérience pour obtenir de la poudre blanche à partir de la poudre bleue.

Parmi les cinq fiches concernant le rôle de la lumière dans la vision, deux demandent aux élèves d'interpréter la vision en termes de trajet de la lumière (F2.4, F2.5), soit de l'objet vers l'observateur.

La première (F2.4) porte sur la position d'un rétroviseur en fonction de la taille du conducteur. La seconde (F2.5) demande aux élèves d'énoncer une théorie pour expliquer la vision d'un objet à partir d'une série d'expériences proposées par l'enseignant. Deux autres fiches (F2.1 et F2.2) demandent d'interpréter la formation de taches lumineuses, en termes de diffusion. La fiche restante (F2.3) questionne les élèves sur les conditions de visibilité d'un objet. Elle s'appuie sur une ampoule allumée placée dans une boîte trouée et dont les parois intérieures sont peintes en noir. Il s'agit de faire varier la position de l'œil de l'observateur, l'orientation d'un miroir placé dans la boîte, etc.

Parmi les cinq fiches concernant la formation d'une ombre, trois relèvent d'une étude des facteurs affectant les caractéristiques d'une ombre : la position de la source, de l'objet, etc. (F3.1, F3.2, F3.4). Les deux autres (F3.3 et F3.5) relèvent de la mise au point d'un dispositif en vue de produire un résultat, fixé par l'enseignant, une telle mise au point nécessitant la mobilisation des notions visées. Dans la fiche F3.3, il est demandé aux élèves de placer une maison sur un terrain de telle façon que le propriétaire ne soit pas gêné par le réverbère la nuit et puisse voir le sapin, de la fenêtre de sa chambre. Dans F3.5, on demande aux élèves de tracer un cercle sans compas. Nous sommes donc face à trois problèmes dont la finalité est d'étudier les conditions d'apparition ou de variation d'un phénomène (F3.1, F3.2, F3.4). Il s'agit donc de problèmes de type « représentation ». Tandis que les deux autres (F3.3, F3.5) visent la mise au point de dispositifs, tout en nécessitant une part de représentation des situations. Il s'agit donc de deux problèmes de type « intervention ».

Parmi les trois fiches concernant les combustions, l'une relève d'une étude des conditions de production du phénomène (F4.3) : à partir d'une photo représentant un feu de bois dans une cheminée, les élèves devraient, selon l'auteur de la fiche, se poser la question « que faut-il pour brûler ? ». Une deuxième (F4.2) vise l'interprétation d'une combustion comme transformation chimique. La question posée aux élèves est : « réalise-t-on une transformation chimique lorsqu'on fait un barbecue (on brûle du carbone) ? ». Enfin, la troisième concerne l'explication de la disparition du combustible uniquement (F4.1). On demande aux élèves d'expliquer pourquoi on ne peut pas réutiliser le même charbon pour faire un barbecue.

Pour les trois fiches concernant le dipôle ohmique (F5.1, F5.2, F5.3), il s'agit d'établir une relation entre intensité et tension. Dans deux fiches (F5.1, F5.3), il s'agit de départager deux personnages imaginaires en désaccord sur la façon dont varie la tension aux bornes d'une résistance en fonction de l'intensité du courant qui la parcourt. Dans F5.2, le problème est posé sans contextualisation : on demande directement aux élèves s'il est possible d'établir une relation simple entre l'intensité traversant un dipôle ohmique et la tension à ses bornes. Nous avons donc à faire à trois problèmes visant la mise en relation entre les différents paramètres en jeu dans un phénomène, ici le passage d'un courant dans un conducteur ohmique.

Pour les cinq fiches concernant les changements d'état, il s'agit d'interpréter un phénomène. Pour quatre d'entre elles, il est demandé aux élèves d'expliquer pourquoi des bouteilles en verre (F6.2, F6.3, F6.5) ou des pots en grès (F6.4) contenant de l'eau ont cassé lorsqu'ils ont subi des températures inférieures à zéro degré Celsius. La fiche F6.1 propose, quant à elle, d'expliquer la montée des océans en cas de réchauffement climatique.

Les vingt-six fiches analysées ont donc fait apparaître une variété de problèmes. Nous les avons regroupés dans le tableau suivant (tableau 3) en fonction de leur finalité (colonne « Repère épistémologique ») : mise en œuvre d'un test de reconnaissance, mise au point d'un dispositif permettant d'obtenir un effet souhaité, interprétation d'un phénomène, établissement d'une relation entre deux concepts, etc. Le tableau suivant illustre le fait qu'un même objectif du programme a donc pu donner lieu à des problèmes de différentes natures, et que certains objectifs se prêtaient davantage à certains types de problèmes. Par exemple, toutes les fiches recueillies portant sur la loi d'Ohm comportent un problème visant l'élaboration de cette loi par les élèves. La plupart des fiches portant sur la variation de volume lors d'un changement d'état invitent les élèves à interpréter divers phénomènes (la montée des océans en cas de réchauffement climatique, un pot en grès cassé après que la plante ait été arrosée et placée à l'extérieur en hiver, une bouteille en verre remplie d'eau cassée après passé quelques heures au congélateur). Il apparaît possible de caractériser la plupart des problèmes proposés dans les fiches au regard des deux orientations proposées par Hacking (1984) : représentation / intervention.

**Tableau 3 : Classification des problèmes formulés dans les fiches de préparation**

Repère épistémologique	Problèmes proposés dans les fiches	Fiches
<i>REPRESENTATION</i>		
Elaboration d'une loi	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Etablir une relation entre intensité et tension</li> </ul>	F5.1, F5.2, F5.3
Interprétation d'un phénomène	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interpréter la formation de taches lumineuses</li> <li>▪ Interpréter la vision d'un objet</li> <li>▪ Expliquer pourquoi on ne peut pas réutiliser toujours le même charbon</li> <li>▪ Interpréter une combustion comme une réaction chimique</li> <li>▪ Expliquer pourquoi le niveau des océans monterait en cas de réchauffement</li> </ul>	<p>F2.1, F2.2</p> <p>F2.4, F2.5</p> <p>F4.1</p> <p>F4.2</p> <p>F6.1</p> <p>F6.2, F6.3,</p>

## Chapitre 1

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Expliquer pourquoi des récipients rigides contenant de l'eau se cassent, à des températures inférieures à 0°C</li> </ul>	F6.4, F6.5
Etude d'un phénomène	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Etudier les conditions de visibilité d'un objet</li> <li>▪ Caractériser ce qui fait varier la taille d'une ombre</li> <li>▪ Etudier les conditions de production d'une combustion</li> </ul>	F2.3 F3.1, F3.2, F3.4 F4.3
<i>INTERVENTION</i>		
Mise en œuvre d'un test	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Déterminer si un aliment contient de l'eau</li> <li>▪ Retrouver le sulfate de cuivre parmi cinq poudres, sachant qu'il permet de détecter l'eau</li> <li>▪ Identifier des liquides incolores</li> </ul>	F1.1, F1.5 F1.3 F1.4
Mise au point un dispositif en vue de produire un fait	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tracer un cercle sans compas</li> <li>▪ Placer la maison de monsieur Martin sur un terrain de façon à ce qu'il ne reçoive pas de lumière du réverbère</li> </ul>	F3.5 F3.3

Toutes les fiches, à l'exception d'une seule (F1.2) ont pu être ainsi répertoriées. Ainsi, le tableau ci-dessus fait-il apparaître une grande diversité des problèmes proposés aux élèves. Nous sommes ici face à un spectre assez large de types de problèmes élaborés par les enseignants, proche de la variété des problèmes auxquels répond l'activité scientifique.

Signalons qu'au cours des entretiens, aucun des enseignants ne s'est spontanément exprimé sur le type de problème à résoudre. Lorsque nous leur avons demandé de commenter certaines situations de départ, aucune de leurs réflexions n'a concerné le problème posé ; leur attention s'est principalement portée sur le type de contextualisation propre à chaque situation.

### 1.2.2.1.2. Contextualisation

Bien que les programmes ne formulent aucune directive particulière sur la contextualisation des problèmes posés aux élèves, nous avons constaté qu'une grande partie des problèmes formulés dans les fiches s'ancraient dans une situation de la vie courante ou imaginaire. Nous avons donc créé cette rubrique, à partir de la lecture des fiches. En effet, nous ne l'avions pas formulée explicitement dans nos préoccupations initiales. Cependant, elle s'inscrit tout à fait dans notre démarche de caractérisation des pratiques des enseignants lors de la phase d'élaboration d'une situation de

départ, en ce sens qu'elle nous permet d'obtenir un autre éclairage sur cette phase, notamment sur l'importance donnée à cette contextualisation, et sur son articulation avec le problème scientifique.

Parmi les 26 fiches analysées, 8 proposent une situation de départ faisant référence à une situation « de la vie courante » (ex : F2.4), 13 une « petite histoire » tout à fait imaginaire (ex : F1.1) ; 5 seulement présentent un problème non recontextualisé dans un environnement quotidien ou imaginaire (ex F2.1).

F2.4 : *Energie lumineuse (Nantes)*

« Pourquoi 2 personnes de tailles différentes doivent-elles changer la position de leur rétroviseur ? »

F1.1 : *Test de reconnaissance de l'eau (Besançon)*

« Un jour, des extra-terrestres déposent devant ta porte un panier. A l'intérieur, tu découvres une petite boule de poils, quatre flacons contenant des poudres (chlorure de sodium, sulfate de cuivre anhydre, sulfate de cuivre et chlorure de calcium), et ce message : Guzo est un petit être fragile, prends-en bien soin ! Ne lui donne surtout pas à manger un aliment contenant de l'eau, sinon il pourrait disparaître. »

F2.1 : *Visualiser le trajet de la lumière (Versailles)*

« Le professeur montre un laser et pose la question : “voici un laser. Je vais éclairer le plafond avec ce laser. Qu'allons-nous observer ?” »

Au cours des entretiens, les enseignants ont évoqué différentes séquences qu'ils ont eux-mêmes mises en place dans leurs classes. A partir des récits de ces séquences, ainsi qu'à travers leurs commentaires sur les deux fiches présentées en fin d'entretien, on retrouve une tendance que nous avons mise en évidence dans l'analyse des fiches, concernant la contextualisation du problème. Parmi ces séquences, six démarrent par une « petite histoire », une « énigme policière ».

P4 : « Et ça je l'avais fait avec des 3<sup>e</sup>. Ils avaient une énigme policière, y avait un métal qui était tombé dans une cuve d'acide, le voleur avait laissé une médaille, on savait que c'était soit du cuivre, soit de l'aluminium, soit du fer, etc. Et donc fallait retrouver le coupable parmi quatre suspects. »

Quatre commencent par des situations en référence à la vie courante (élaborer le circuit électrique simplifié d'une voiture, choisir l'orientation d'une maison, arroser un géranium, mélanger du sel et du poivre).

P3 : « Annabelle veut arroser son géranium avec de l'eau pétillante et puis son copain Julien lui dit de ne pas le faire parce que ça va tuer la plante. Pour prouver qui a raison, récupère le gaz et analyse-le. »

Pour trois autres, la situation de départ est très proche d'un item du programme, qui fait déjà référence à des objets de la vie courante (recueillir et identifier le gaz contenu dans une boisson pétillante, séparer les constituants d'une eau boueuse). Et enfin, deux commencent par une situation expérimentale sans recontextualisation (prévoir ce qui se passe si on éclaire le plafond avec un laser, réaliser un mélange).

Les cinq enseignants interrogés ont apprécié, dans la fiche F1.1 (présentée en fin d'entretien), une situation de départ comportant un caractère imaginaire, ludique. De même, la situation de départ de la deuxième fiche qui leur a été présentée (F7.0 : « les prises ») a fait l'unanimité chez les cinq enseignants ; ils ont apprécié qu'elle traite d'une situation de la vie quotidienne : « c'est concret, c'est des choses qu'ils peuvent avoir vues chez eux » (P4).

On voit l'importance accordée à la « vie quotidienne », que ce soit par l'ancrage des problèmes traités (barbecue, surcharges électriques, etc.) ou simplement par les objets matériels utilisés comme supports de questionnement (sel et poivre). On constate par ailleurs que la contextualisation des problèmes procède dans de nombreux cas de « mises en récit », présentées sous forme textuelle, iconographique ou vidéo. Celles-ci s'inscrivent dans le registre de la fiction et présentent souvent un caractère enfantin. Elles mettent en scène des situations ou des personnages imaginaires (extra-terrestres, héros de bandes dessinées, etc.). Certains des enseignants interrogés voient dans cette contextualisation une source de motivation. L'aspect ludique faciliterait l'investissement des élèves dans la démarche, la construction ou l'appropriation de nouvelles connaissances :

P2 : « le truc le plus important je trouve que c'est trouver une situation déclenchante qui les amuse. Donc que ce soit une expérience, un objet, une vidéo, mais un truc qui les accroche, parce qu'à partir du moment où ça les accroche, ils vont s'investir et puis ça fait boule de neige. Le maillon clé, c'est vraiment trouver au départ la situation qui leur plaît. A partir de là, ça marche. [...] Tu pourras leur donner la leçon, le vocabulaire et tout, ils verront la nécessité parce que ça leur a plu, parce que ça les a amusés. »

Une enseignante (P4) reste cependant prudente quant à la contextualisation des problèmes posés aux élèves. Elle considère qu'il est difficile de garder une certaine cohérence, tout au long de la séquence, entre le problème scientifique que les élèves doivent résoudre et la situation de départ, qui apparaît alors comme un prétexte au démarrage de la séquence.

P4 : Et ça je l'avais fait avec des 3<sup>e</sup>, ils avaient une énigme policière, y avait un métal qui était tombé dans une cuve d'acide, le voleur avait laissé une médaille, on savait que c'était soit du cuivre, soit de l'aluminium, soit du fer, etc. Et donc fallait retrouver le coupable parmi 4 suspects. Et donc j'avais fait ça au tout début. Donc première chose, c'était déjà « qu'est-ce qui va se passer si on met tous ces métaux cités dans de l'acide ? » Donc on avait lâché notre histoire, pour faire en effet le test et vérifier, mettre du métal, constater ce qui se passe, voir le test du dihydrogène, voir le test des ions qui vont avec etc., ça nous avait pris du temps. Et puis à la fin de tout ça, ils connaissaient les tests, ils connaissaient... « Mais au fait, rappelez-vous, ce qu'on veut savoir c'est le suspect ! » et je m'étais rendue compte que ça durait trop longtemps, en fait, c'était trop en amont pour que ça leur reste à l'esprit. Et finalement quand on avait trouvé le coupable, ben... je sais pas... j'avais l'impression qu'on avait commencé y avait tellement longtemps... parce qu'après, je leur avais donné la solution qu'on avait retrouvé soit disant sur le lieu du crime, et ils avaient dû tester.

### 1.2.2.1.3. Prise en compte des conceptions des élèves

On trouve des références plus ou moins claires aux conceptions des élèves dans quatre fiches. Trois (F1.5, F2.3, F4.1) présentent ces informations au début de la fiche, au même niveau que les indications sur les objectifs de connaissances, le rappel des prérequis des élèves, etc. Nous pouvons donc considérer qu'il s'agit d'un résumé du travail préalable qui a permis à l'auteur de construire le scénario de sa séquence qu'il expose par la suite. En particulier, un des auteurs (F2.3) s'appuie explicitement sur les conceptions des élèves, à la fois dans la présentation des contenus visés en introduction de fiche, mais aussi en consacrant deux pages en annexes aux travaux de didacticiens sur la lumière et la vision, ainsi que de nombreuses références bibliographiques.

F2.3

#### **Contenus :**

- Rôle de l'œil dans la vision
- Non-visibilité de la lumière de profil

[...]

#### **ANNEXE 3 : CONCEPTIONS : OPTIQUE**

Dans leur livre, éléments de didactique des sciences physiques (PUF, 1997), Guy Robardet et Jean-Claude Guillaud font la synthèse des travaux de Wanda Kaminski : [...]

[Les élèves] ne font intervenir aucun médiateur entre l'œil et l'objet, quel qu'en puisse être le sens ; tous reconnaissent la lumière comme un facteur nécessaire à la vision, mais elle intervient que pour éclairer l'objet ou pour constituer un bain général (le jour) entourant l'objet et l'observateur.

Pour la quatrième fiche (F1.2), l’auteur attire ponctuellement l’attention sur des difficultés que les élèves peuvent rencontrer au cours d’une étape particulière de la démarche, du fait d’une possible idée fausse.

F1.2

« Points sensibles et interventions à prévoir :

[...]

- Le groupe pense que hydraté égale mouillé, et donc que la poudre bleue, étant sèche, ne peut contenir de l’eau. Leur parler du pain frais, donc non sec, qui pourtant ne mouille pas les doigts. »

Six fiches (F1.4, F2.1, F2.2, F2.4, F2.5, F3.1) prennent en compte implicitement les conceptions des élèves, en s’appuyant sur des indications du programme, essentiellement en optique. La formulation particulière des problèmes de ces fiches permet de détecter les conceptions que les auteurs comptent déstabiliser. On devine, dans l’exemple suivant (F2.5), une volonté de l’auteur de déstabiliser la conception selon laquelle la vision s’effectue dans le sens œil-objet.

F2.5

« Quel est le trajet de la lumière lorsque ton œil voit un objet ? »

Les autres situations (16 fiches sur 26) ne visent pas la déstabilisation de conceptions. Soit l’objectif de connaissances choisi dans les programmes ne nécessite pas le dépassement d’obstacles cognitifs, soit la formulation du problème n’y est pas favorable.

Dans les entretiens individuels, aucune question n’a directement été posée aux enseignants concernant les conceptions des élèves. Cependant, deux enseignantes se sont spontanément exprimées à ce sujet, notamment pour des activités en électrocinétique :

P2 : « Ils voient que la lampe brille pas et à partir de là, ils émettent des hypothèses. Et alors là, c’est marrant, ils te disent qu’elle mange du courant par exemple, bon le truc classique, quoi. »

P4 : « y en a qui peuvent avoir cette représentation, si y a plein d’appareils à nourrir, entre guillemets, ben au niveau de la prise, ça va s’essouffler, enfin... c’est toujours des mots comme ça qu’ils ont, ça va le fatiguer... »

*Synthèse des résultats concernant la construction de la situation de départ*



Les types de problèmes proposés aux élèves sont divers, à caractère plutôt « technique » (mise en œuvre d'un test, mise au point d'un dispositif permettant d'obtenir un effet souhaité), ou à caractère d'emblée plus « théorique » (interprétation d'un phénomène, établissement d'une relation entre deux concepts, etc.). Les intentions des enseignants auteurs de ces fiches dépassent ainsi celles des programmes, dans lesquels la notion de situation-problème se centre sur une vision très particulière du problème : visant la déstabilisation de conceptions et que l'on peut résoudre par une démarche hypothético-déductive. Les enseignants interviewés ne se sont pas spontanément exprimés au sujet de la finalité des problèmes qu'ils posent à leurs élèves, ni à propos des séquences qu'ils ont eux-mêmes mises en place, ni à propos des fiches qu'il leur était demandé de commenter en fin d'entretien.

Nous avons noté l'importance donnée à la contextualisation des problèmes. Dans une très grande part (21/26), les fiches présentent des situations de départ sortant du cadre scolaire classique. Cela se traduit par des références à la vie quotidienne (8/26), et par l'utilisation de personnages ou de situations imaginaires (13/26). Contrairement à la notion de situation-problème qui sous-tend une certaine cohérence tout au long de la séquence, ces « situations déclenchantes » rencontrées dans les fiches de préparation semblent plutôt constituer un prétexte ponctuel pour démarrer la séquence, qui pourra se poursuivre sans aucune référence à l'anecdote de départ. Les entretiens réalisés nous ont également informée sur les intentions des enseignants quant à la forme de ces « situations de départ ». Leur caractère ludique ou quotidien serait un facteur de motivation essentiel et faciliterait, selon eux, l'investissement des élèves.

Enfin, nous nous sommes penchée sur la façon dont les enseignants prenaient en compte les conceptions des élèves. Alors que la situation-problème vise la déstabilisation des conceptions des élèves, il ressort que ces dernières sont prises en compte de manière inégale dans la construction des situations de départ. Seules certaines fiches portant sur le thème de la lumière et de la vision les explicitent. Certains problèmes posés dans d'autres fiches ont laissé deviner la prise en compte de conceptions par les auteurs, sans qu'elles aient été explicitées. Quant aux fiches restantes, l'item choisi ou le problème formulé par l'auteur n'étaient pas adaptés au dépassement d'obstacles cognitifs. Par ailleurs, deux des enseignants interrogés ont montré leurs connaissances des conceptions des élèves en électricité. On peut voir là un effet de l'intégration des travaux de recherche en didactique concernant les conceptions des élèves dans les programmes, et dans la formation des enseignants, depuis quelques années.

### *1.2.2.2. Type de démarche*

Cette rubrique est à rapprocher des étapes 3 et 4 du canevas « *Formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles* » et « *L'investigation ou la résolution du problème par les élèves* ». Les scénarios proposés dans les fiches comportent, dans la plupart des cas, une phase de préparation / anticipation de l'activité expérimentale, qui peut inclure une demande de formulation d'hypothèses et/ou de prévisions. Ensuite, les fiches invitent les élèves à élaborer des protocoles, puis à réaliser les expériences. A travers ces deux sous-rubriques, il s'agit de caractériser les types de tâches proposées par les auteurs des fiches.

### 1.2.2.2.1. Formulation d'hypothèses / de prévisions

La présentation de la démarche d'investigation dans les programmes donne une part importante à la formulation et au test expérimental d'hypothèses.

Onze des fiches analysées demandent aux élèves de formuler des hypothèses (F2.1, F3.1, F3.2, F3.4, F4.1, F4.3, F6.1, F6.2, F6.3, F6.4, F6.5). Deux demandent de tester des hypothèses proposées dans la fiche (F5.1, F5.3). Dans six fiches, on demande plutôt aux élèves de formuler des prévisions (F1.5, F2.1, F2.2, F2.3, F2.4, F3.3).

La lecture des fiches montre que le terme d'hypothèse est utilisé en des sens variés : il peut être utilisé pour désigner une proposition de dispositif, de protocole expérimental, permettant d'obtenir un effet souhaité (F1.2, F1.3, F1.4, F2.3, F2.5). Il peut s'agir également d'une simple prévision, la situation expérimentale ayant été préalablement décrite (F2.1, F2.2, F2.4).

Au cours des entretiens, une seule enseignante a évoqué des séquences dans lesquelles elle a demandé aux élèves de formuler des hypothèses ou des prévisions. Notons une certaine confusion dans ses propos entre hypothèse et prévision :

P4 : « Je leur ai dit : « Je vais éclairer le plafond avec le laser, qu'est-ce qu'on va observer ? » Je leur avais proposé une petite feuille sur laquelle la première ligne c'était hypothèses (...) je m'attendais à « on va voir un point rouge au plafond » ou bien « on va voir le rayon laser ». »

Parmi les activités que les quatre autres enseignants ont décrites au cours de leur entretien, en les qualifiant de démarche d'investigation, aucune ne demandait aux élèves de formuler des prévisions ou hypothèses. Deux enseignantes font cependant référence à la phase de formulation d'hypothèses et à son importance dans l'apprentissage des sciences en classe, et plus généralement dans l'activité scientifique.

P2 : « les enfants, à partir du moment où ils émettent leurs hypothèses, faut qu'ils soient en confiance avec le prof, qu'ils savent qu'ils peuvent dire des choses fausses, et à partir de là, c'est bien, ils s'investissent. »

« Je leur dis toujours « c'est comme ça que la science avance, donc si vous vous trompez, c'est pas grave ». »

P3 : « pour moi, la démarche d'investigation, c'est [...] voir si les hypothèses qu'on a supposées sont bonnes [...] et puis si l'hypothèse est fausse, ben... en faire une autre, éventuellement. [...] C'est [apprendre] aux élèves qu'on peut se tromper et que le fait de se tromper fait progresser les choses. »

Notons que dans les séquences effectivement mises en place, décrites dans leur entretien, ces deux enseignantes (P2, P3) n'ont pas demandé aux élèves de formuler des hypothèses. Elles semblent utiliser ce terme comme équivalent d'une proposition conditionnelle, de « droit à l'erreur », que ce soit dans le domaine théorique ou pratique.

La fiche concernant les prises (F7.0), présentée en fin d'entretien, a posé problème à trois enseignants. En effet, l'auteur prévoit que chaque petit groupe d'élèves formule son hypothèse et puisse la tester avec une expérience dont il aura élaboré le protocole. Trois enseignants y voient des difficultés de gestion de la classe. Pour l'un d'entre eux, cette phase semble difficile à gérer du point de vue de l'organisation du travail en groupes :

P1 : (il lit la fiche) « « dès qu'un groupe a sélectionné une question, les élèves émettent des hypothèses » [...] alors il fait pas travailler tout le monde sur le même... ouh la ! C'est encore plus compliqué que ce que je pensais ! [...] Mais moi, je vois ça avec des bonnes classes quand même ou alors il faut faire des groupes avec un bon élève, faut bien faire les groupes là. »

Une autre enseignante se pose, quant à elle, la question des liens entre les hypothèses formulées par les élèves, dont certaines portent sur la tension, et la conclusion de la séquence qui ne porte que sur l'intensité :

P4 : « Je vois pas tellement le rapport entre ce qu'aura fait le groupe sur la tension et la conclusion sur l'intensité. Et je... pour moi, une DI, il faut que l'élève se soit posé des questions sur la structuration qui va être faite à la fin de l'heure. »

Le troisième envisage des difficultés matérielles à traiter toutes les hypothèses des élèves :

P3 : « je pense que certaines hypothèses (ne) vont pas être faciles à vérifier sauf si on a du matériel. »

### 1.2.2.2.2. Elaboration de protocoles / Réalisation des expériences

Notons d'abord que toutes les fiches donnent une place importante à la phase expérimentale (élaboration de protocoles + réalisation des expériences) ; toutes les fiches comportent la réalisation d'une ou plusieurs expériences (31 expériences réparties sur les 26 fiches). Parmi ces 31 expériences, 26 sont réalisées par les élèves, 5 sont réalisées par l'enseignant (4 correspondent à des manipulations de lasers, qui sont réalisées par les enseignants pour des questions de sécurité).

La répartition des rôles entre l'enseignant et les élèves s'avère très différente d'une fiche à l'autre. Six protocoles ont été entièrement élaborés par l'enseignant ; les élèves se retrouvent alors en position d'exécutants.

Neuf fiches laissent les élèves (par petits groupes) en charge de l'élaboration de protocoles. Nous entendons par là que l'auteur n'indique aucune intervention de l'enseignant lors de la discussion du groupe, le choix du matériel, et qu'il est prévu que celui-ci leur donne la possibilité de tester leurs propositions.

Les seize autres protocoles sont présentés comme étant à la charge des élèves, avec des interventions plus ou moins marquées de l'enseignant. Celui-ci peut, par exemple, imposer le matériel aux élèves. Dans certaines fiches, il est prévu que les élèves travaillent en autonomie sur la recherche d'un protocole, qui fera l'objet d'une vérification / correction par l'enseignant, avant la réalisation des expériences. Ou encore, l'auteur de la fiche prévoit une étape de mise en commun des propositions des différents groupes. L'enseignant est alors chargé d'animer une discussion et de faire tendre les propositions vers un protocole commun à tous les groupes.

Les entretiens des cinq enseignants confirment l'importance accordée à cette phase d'élaboration de protocoles expérimentaux. Trois d'entre eux (P1, P2, P5) nous ont spontanément fait part de leurs réflexions à ce sujet lors de l'évocation d'une séquence, en se positionnant clairement par rapport à une démarche qui se limiterait à un tâtonnement manipulatoire :

P5 : « C'est vrai que moi, j'ai tendance à hésiter à leur donner le matériel tout de suite, tu vois, c'est ce que je te disais : pourquoi je leur ai fait rédiger l'expérience, schématiser etc., tout à l'écrit avant de leur donner le matériel, je voulais vraiment savoir où est-ce qu'ils allaient avant de leur laisser le matériel. »

Un enseignant exprime les réticences de ses élèves à propos de cette phase :

## Chapitre 1

P1 : « Y en a qui passaient du schéma au montage, y en a d'autres qui voulaient faire le montage avant le schéma mais c'est un autre genre de TP ! »

Trois (P3, P4, P5) donnent la possibilité aux élèves d'élaborer librement leurs protocoles :

P5 : « je leur ai demandé à ce qu'ils rédigent [...] un protocole expérimental, avec schéma, [...] liste du matériel, et puis des explications sur les expériences, de faire en sorte, qu'ils nous présentent finalement l'expérience par groupe de quatre au bureau, faire comme si c'était mon travail à moi finalement, exposer tout leur travail et faire en sorte que leurs camarades comprennent. »

Notons que deux enseignantes ayant laissé les élèves réaliser les expériences qu'ils avaient préalablement proposées, ont choisi de clore cette étape en présentant la « bonne » expérience qu'elles avaient elles-mêmes élaborée à l'avance :

P3 : « Ils ont fait des choses [...] très originales parfois, mais vraiment, j'avais pas le montage de récupération. J'ai un montage pour récupérer un gaz, par déplacement d'eau etc. donc je leur ai fait le montage après, qu'on fait habituellement pour récupérer le gaz. »

P5 : « Et puis après, on a fait l'expérience carrément que je voulais moi, au départ, tu vois ? En donnant le matériel approprié etc. »

Sont évoquées diverses modalités de gestion pédagogique de cette phase, laissant une plus ou moins grande responsabilité aux élèves. Un enseignant a choisi de mettre en place avec ses classes un système de notation, pour inciter ses élèves à être plus autonomes dans leur démarche : chaque fois qu'un petit groupe d'élèves fait appel à l'enseignant, ce dernier retire un point au barème attribué à chaque tâche (schéma du montage, réalisation du montage, tableau récapitulatif des résultats...). Chacune de ses interventions avait pour but de faire prendre conscience aux petits groupes d'élèves de leurs erreurs ou de les aider à avancer, sans pour autant leur donner la solution :

P1 : « Y en a certains qui mettent des fils de courts-circuits, on l'a vu mais rien à faire ! Je leur dis « mais si tu mets un fil là, qu'est-ce qui se passe ? » »

Une enseignante explique comment elle a appris à contrôler ses réactions à des propositions inattendues des élèves :

P4 : « Donc [...] je me suis dit pff ! Là il m'embête un peu ! [...] non ! Mais tais-toi surtout ! Puis voilà, il fallait que je réagisse [...]. Et puis bon, j'avais une semaine pour me dire mais qu'est-ce que je vais lui répondre ? Parce que de toute façon, on n'observera pas d'ombre sur le mur. Comment je vais faire ? »

Après avoir mis en place plusieurs démarches d'investigation avec ses élèves, elle raconte la façon dont elle gère aujourd'hui ce type de propositions :

P4 : « Aujourd'hui, je me rends compte que quand un élève me propose une idée à laquelle je m'attendais pas, comme je suis plus dans l'esprit de la démarche d'investigation, ben je suis contente en fait. Là, je me dis « ah ! Enfin ! ». Voilà. Donc on apprend à gérer l'imprévu. On apprend à dire aux élèves « ben c'est une bonne idée, il va falloir exploiter ce que t'as. » »

### *Synthèse des résultats concernant les éléments de démarche scientifique*

Si la « formulation d'hypothèses » apparaît comme un élément essentiel de la trame présentée dans les programmes, le terme même d'hypothèse n'y est pas défini. Cette lacune pourrait expliquer les confusions des enseignants autour de cette notion. Parmi les vingt-six fiches du corpus, nous avons noté que onze seulement comportaient réellement une demande de formulation d'hypothèses. Dans les autres cas, le terme « hypothèse » est utilisé pour désigner une prévision ou encore une proposition de protocole. D'un point de vue épistémologique, les prévisions sont de nature empirique. Elles portent sur des observables et des faits isolés. Elles ne peuvent pas servir de cadre à l'élaboration d'une théorie. Dans le cadre scolaire, elles ne permettent pas à elles seules la construction de connaissances par les élèves. L'argumentation (qui peut être une hypothèse) de la ou des prévisions le permet (White & Gunstone, 1992, p. 44). Cependant, peu de fiches demandent la justification des prévisions que les élèves doivent formuler, se limitant ainsi à ce qui pourrait s'apparenter à des « devinettes ». Par exemple, dans une fiche sur le test de reconnaissance de l'eau au sulfate de cuivre, il est demandé aux élèves de prévoir quels aliments contiennent de l'eau, puis de réaliser le test pour vérifier leurs prévisions.

Il apparaît également que deux des enseignants interrogés (P2, P3) donnent au terme d'hypothèse une signification plus générale, de l'ordre du « droit à l'erreur ».

Enfin, un enseignant souligne les problèmes de gestions pédagogique et matérielle qu'il voit à laisser les élèves formuler et tester leurs propres hypothèses.

Dans les fiches et dans les propos des enseignants interrogés, l'expérience occupe une place centrale. En effet, sur les 26 fiches du corpus, on dénombre un total de 31 expériences. Peu

d'autonomie est laissée aux élèves dans l'élaboration de protocoles expérimentaux puisque seuls 9 protocoles sur 31 sont entièrement à la charge des élèves. La phase de réalisation de l'expérience est, quant à elle, largement laissée aux élèves (26/31). L'expérimentation paraît alors limitée à une simple phase de manipulation, puisque la plupart des protocoles proposés par les élèves ont été soit corrigés par l'enseignant, soit discutés dans la classe avec l'enseignant pour tendre vers une expérience commune. Deux enseignantes interrogées qui avaient donné la possibilité aux élèves de mettre en place leurs protocoles, ont tout de même choisi de réaliser l'expérience qu'elles attendaient, alors que celle-ci n'avait pas été proposée par les élèves. Dans une perspective pédagogique, l'autonomie, que l'enseignant est fortement invité à laisser aux élèves, est donc un bouleversement que les auteurs des fiches n'ont pas appliqué de manière radicale.

### *Synthèse de l'analyse des fiches :*

Nous avons donc pu constater au cours de notre analyse de fiches que, malgré les particularités de la situation-problème telle qu'elle est décrite dans les programmes, plusieurs items des programmes non adaptés à la démarche d'investigation avaient pourtant donné lieu à une déclinaison labellisée « démarche d'investigation » (ex : test de l'eau au sulfate de cuivre).

Les notions sous-jacentes à une démarche d'investigation sont complexes et font référence à des domaines variés. L'élaboration d'une situation-problème par l'enseignant suppose que ce dernier connaisse les conceptions des élèves dans différents domaines de la physique et de la chimie et soit capable de les exploiter dans le cadre de séquences visant à les déstabiliser. L'enseignant est également censé savoir formuler un problème qui favorise la mise en place d'une démarche hypothético-déductive par les élèves, et donc savoir ce qu'est une hypothèse. Enfin, la posture traditionnelle de l'enseignant transmettant le savoir aux élèves n'est plus adaptée à ce type de méthode d'enseignement. L'enseignant devient un guide tout au long de la démarche, principalement gérée par les élèves.

Ces bouleversements sont peu détaillés dans les programmes, et les outils permettant la mise en place de démarches d'investigation sont absents. En effet, alors que les programmes de collège de 2005 et 2007 invitaient les enseignants à consulter les Fiches connaissances du Primaire (non accessibles directement aux enseignants de collège), cette recommandation a disparu des programmes de 5<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> en 2008. De plus, la description d'une démarche hypothético-déductive, ou même encore ce que signifie la notion d'hypothèse, sont absentes des programmes. Enfin, peu d'indications sont données sur les rôles possibles de l'enseignant et des élèves.

## 2. Chapitre 2 : Une formation pour favoriser le « dialogue » entre les textes prescripteurs et les enseignants

### 2.1. Elaboration de la formation

#### 2.1.1. Eléments théoriques

##### 2.1.1.1. *La formation professionnelle autour de textes prescripteurs*

Pour élaborer cette formation, nous nous sommes inscrite dans un courant de recherche de didactique professionnelle, traitant de la formation professionnelle autour des textes prescripteurs (Mayen & Savoyant, 2002 ; Leplat, 2004). Dans le cadre de cette étude, nous avons tenté de transposer leurs travaux à l'appropriation des programmes scolaires par les enseignants, et à la mise en œuvre des directives officielles dans leurs pratiques.

#### *Les textes prescripteurs*

Mayen et Savoyant définissent les textes prescripteurs comme un « *artefact symbolique, produit d'une construction humaine (Rabardel, 1995), dont le but est d'influencer l'activité de ceux auxquels ils sont destinés, ou, plus précisément, d'imposer une certaine direction à leur activité, en fixant buts et procédures, voire repères conceptuels pour s'y orienter. Ils visent aussi à influencer sur les modes de pensée, les mobiles et les valeurs de ceux à qui ils sont destinés* » (Mayen & Savoyant, 2002, p. 226). Dans les programmes scolaires, textes prescripteurs du Ministère de l'Education nationale, les auteurs présentent, outre les objectifs de connaissance, les méthodes d'enseignement qui doivent être suivies par les enseignants. La démarche d'investigation est une méthode d'enseignement décrite dans les programmes de 2005, 2007 et 2008. Sous la forme d'un canevas en sept étapes, elle est donc censée « *imposer une certaine direction à [l'activité des enseignants]* », si l'on reprend la citation de Mayen et Savoyant. Cependant, deux écarts peuvent être relevés par rapport à cette citation. Tout d'abord, les instructions quant à la démarche d'investigation laissent entendre que l'enseignant dispose encore d'une certaine part de liberté, celle d'adapter l'utilisation de ce canevas en fonction de son « *projet pédagogique* » (M.E.N., programmes du collège, 2008, p. 4). Et enfin, les « *repères conceptuels* » censés permettre aux enseignants de s'orienter dans leur activité, sont absents. En effet, la démarche d'investigation telle qu'elle est décrite dans les programmes est construite autour de plusieurs notions clé, didactiques et épistémologiques, tels que les



conceptions, les « *obstacles cognitifs* » (M.E.N., programmes du collège, 2008, p. 4)), ou encore la démarche hypothético-déductive. Ces concepts ne sont ni décrits, ni illustrés dans les programmes.

### *L'appropriation des prescriptions*

Régulièrement, de nouvelles instructions émanant du Ministère de l'Éducation nationale sont soumises aux enseignants. Comme nous venons de le dire, elles ont pour double objectif de faire évoluer les modes de pensée des utilisateurs et de donner de nouvelles directions à leurs pratiques. Cependant, les intentions des auteurs, sous-jacentes à chaque nouveau texte, ne sont pas « immédiatement perceptible[s] et agissant[es] » (Mayen & Savoyant, 2002, p. 227) sur les pratiques des enseignants. Elles viennent s'inscrire dans des modes de pensées et des pratiques d'enseignement déjà installés, et construites à partir de la capitalisation d'expérience de chaque enseignant, de son appropriation des prescriptions précédentes, mais aussi d'un ensemble d'éléments identitaires, tels que sa vision de l'enseignement des sciences, etc. La façon dont les enseignants s'approprient ces instructions constitue donc une réponse aux prescriptions, chacun adaptant ces dernières à ses propres buts et à ses ressources. Leplat (2004), chercheur en ergonomie, considère que l'utilisation répétée des documents prescripteurs tend à gommer leur justification sous-jacente. Les utilisateurs créent alors leurs propres modèles : « *Il faut tenir compte aussi que l'opérateur n'aime pas agir sans justification et que, quand il n'en dispose pas, il tend à élaborer ses propres modèles dont il dérivera ses propres procédures qu'il subsistera aux procédures officielles, avec le risque d'erreur que cela comporte* (Herry, 1987 ; Caroly, 2002) » (p. 206). L'existence d'un certain décalage entre les prescriptions des concepteurs et l'interprétation qu'en font les utilisateurs semble donc inévitable, quelle que soit la formulation des textes prescripteurs. L'analyse des fiches de préparation, présentée dans la partie précédente, en a fourni une illustration.

### *La formation*

Traditionnellement, suite à la publication de nouveaux textes prescripteurs, les formations ont pour objectifs la transmission et l'application dans la pratique des intentions des concepteurs. De nombreux chercheurs ont conclu à l'inefficacité, sur les pratiques des enseignants, de formations consistant en la seule transmission de connaissances (Briscoe, 1991 ; Gil-Pérez & Pessoa de Carvahlo, 1998). Nous pensons également que cette vision verticale et transmissive de l'intervention formatrice néglige une part importante du processus d'appropriation des instructions : la prise en compte des pratiques des enseignants. Mayen et Savoyant (2002) parlent, à ce sujet, de

rétablissement d'un « dialogue » entre les concepteurs des textes et les utilisateurs. En d'autres termes, il s'agit d'écouter la façon dont les enseignants perçoivent la possibilité d'intégration de ces nouvelles directives dans leurs pratiques, car leur point de vue sera déterminant dans l'enracinement de ces nouvelles intentions. Les prescriptions doivent alors être considérées comme un « *objet de formation, c'est-à-dire pas seulement un contenu à enseigner, [...] mais comme un objet à travailler* » (Mayen & Savoyant, 2002, p.227).

### 2.1.1.2. *Savoirs et savoir-faire*

L'intervention formatrice peut être considérée comme l'occasion d'instaurer les conditions d'un « dialogue » entre les prescriptions émanant des rédacteurs des programmes et les enseignants qui doivent se les approprier et les mettre en œuvre (Mayen & Savoyant, 2002, p. 226). Pour favoriser cet échange, il s'agit, à la fois, de prendre en compte les pratiques des enseignants, mais aussi de leur faciliter l'appropriation des notions sous-jacentes aux directives, et de leur permettre de traduire ces notions dans leurs pratiques. C'est pourquoi nous considérons que les enseignants doivent disposer d'un certain nombre de savoirs et de savoir-faire, nécessaires à la mise en application des directives sur la démarche d'investigation.

Nous nous appuyons ici sur la *théorie anthropologique du didactique* de Chevallard (1999), dans laquelle les activités humaines sont organisées en quatre niveaux : la *tâche*, la *technique*, la *technologie*, la *théorie*. Morge (2003) présente ainsi ces quatre niveaux :

*« Le premier, celui de la tâche ou du type de tâche, décrit l'action (« monter un escalier », « calculer une somme », etc.). Le deuxième niveau, celui de la technique, correspond à la manière d'accomplir, de réaliser cette tâche. Une même tâche (par exemple : monter un escalier) peut être effectuée selon plusieurs techniques (debout ou à quatre pattes). Le troisième niveau, celui de la technologie, est celui du discours rationnel qui vient justifier la technique en assurant qu'elle permet bien d'accomplir la tâche. La technologie explique ou produit des techniques. Enfin, le quatrième niveau, celui de la théorie, « reprend, par rapport à la technologie, le même rôle que cette dernière tient par rapport à la technique » (Chevallard, 1999, p. 227). Il constitue le niveau supérieur de justification, d'explication et de production. [...]*

*Les deux premiers niveaux (tâche et technique) forment le bloc pratico-technique, également appelé savoir-faire. Les deux derniers (technologie et théorie) forment le bloc technologico-théorique, plus souvent appelé « savoir ». La distinction de ces deux blocs permet de séparer clairement ce qui relève de l'action – tâche et technique – de ce qui relève du discours sur cette action – technologie et théorie. »*

Morge a aussi développé l'idée que ces deux blocs pouvaient fonctionner en autonomie en situation d'action, l'enseignant ne s'appuyant pas nécessairement sur une réflexion d'ordre théorique pour prendre des décisions dans la classe, face à des situations imprévues. Comme il l'explique également, l'activité formatrice permet de favoriser une réflexion pour articuler et rendre plus cohérent le discours sur les pratiques avec les pratiques elles-mêmes. Le bloc technologico-théorique peut alors générer de nouvelles techniques mobilisables en classe.

Nous nous plaçons dans une vision actuelle de l'intervention formatrice : le paradigme du praticien réflexif (INRP, 2001), dans lequel savoirs et savoir-faire s'articulent, et s'acquièrent à la fois en situation de formation et par la réflexion sur l'action, en situation de travail. Il s'agit pour les enseignants formés d'être partie prenante du processus de formation, d'être en activité intellectuelle permanente sur leurs propres pratiques.

La formulation des savoirs et savoir-faire que nous proposons en formation (et que nous présentons plus loin) n'a pas émergé de la seule lecture des programmes. Il s'agit d'une construction élaborée par nous, chercheurs et formateurs, à partir des résultats de nos analyses précédentes. Les particularités de la démarche d'investigation, mises en lumière dans notre analyse préalable, ainsi que la perception de ces particularités par les enseignants, à travers les fiches de préparation, nous ont amenée à formuler un ensemble cohérent de savoirs à maîtriser et de savoir-faire associées, pour une compréhension critique et une mise en application appropriée des directives sur la démarche d'investigation.

### **2.1.2. Objectifs de la formation, élaborés à partir de l'analyse de la démarche d'investigation et des résultats de l'analyse de fiches**

Nos analyses préalables nous ont permis de mettre en lumière des enjeux épistémologiques et didactiques liés aux spécificités de la démarche d'investigation, et de connaître les difficultés et besoins de formation des enseignants quant à ces différents points. Bien que nos analyses aient montré que la démarche d'investigation, telle que présentée par les programmes de collège, donnait une image restreinte de l'activité scientifique, nous avons choisi d'élaborer et de mettre en place une formation en vue d'une appropriation plus fine de ce nouvel objet d'enseignement. Nous reviendrons sur ce choix dans la conclusion. Nous veillons cependant à discuter des particularités de la démarche d'investigation avec les enseignants, pour qu'ils puissent la situer parmi d'autres méthodes possibles.

### 2.1.2.1. *Connaissance des textes officiels*

Dans un premier temps, il nous paraît nécessaire, dès le début de la formation, de nous assurer que les enseignants ont une vision globale des principes qui fondent la démarche d'investigation, afin de consolider les bases du « dialogue » entre les documents prescripteurs et les enseignants. Nous souhaitons préciser la présentation de la démarche d'investigation dans les programmes : rappeler les sept étapes du canevas, mettre l'accent sur les étapes qui en font sa particularité (« Le choix d'une situation-problème », « La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles » et « L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves »), et mettre en lumière ses intentions pédagogiques, fondées sur la construction des savoirs par les élèves.

La présentation de la démarche d'investigation, sous la forme d'un canevas en sept étapes, constitue un cadre de référence institutionnel pour les pratiques d'enseignement. On aurait donc pu s'attendre à ce que les fiches de préparation labellisées « démarche d'investigation » en illustrent les différentes étapes. Or notre analyse de fiches de préparation a fait apparaître que leurs auteurs ne respectaient pas rigoureusement les étapes du canevas, et allaient, pour un grand nombre d'entre eux, jusqu'à proposer d'autres types de démarches, ne répondant pas aux critères particuliers de la démarche d'investigation. Nous chercherons donc à caractériser ce nouvel objet d'enseignement aussi précisément que possible, afin de mettre en lumière ses particularités et aussi, de tracer ses limites d'application quant aux objectifs de connaissances des programmes, qui ne se prêtent pas tous à la déstabilisation de conceptions ou à la mise en place d'une démarche hypothético-déductive.

Nous souhaitons également insister sur les principes pédagogiques de la démarche d'investigation, décrits dans l'introduction commune aux disciplines scientifiques, en les inscrivant dans ce contexte plus général. Il s'agira alors de mettre l'accent sur la « *construction du savoir par l'élève* » et « *l'élaboration de réponses et la recherche d'explications ou de justifications [débouchant] sur l'acquisition de connaissances* ».

### 2.1.2.2. *Savoirs et savoir-faire*

Au-delà de la compréhension des intentions générales des programmes, nous visons des objectifs plus spécifiques à des éléments caractéristiques de la démarche d'investigation : prise en compte des conceptions, mise en place d'une démarche hypothético-déductive. L'analyse de fiches a révélé que différents items des programmes ne se prêtent pas à la mise en place d'une démarche

d'investigation avaient pourtant donné lieu à une déclinaison « démarche d'investigation » (ex : toutes les fiches portant sur le test de reconnaissance de l'eau au sulfate de cuivre). Il s'agit donc de faire prendre conscience aux enseignants des spécificités de ce nouvel objet d'enseignement. Connaissant ces spécificités, les enseignants seront mieux à même de reconnaître les items des programmes qui y sont adaptés, afin d'élaborer des séquences d'investigation respectant les intentions des programmes.

Nous avons formulé ces objectifs en termes de savoirs et savoir-faire, dans le même sens où Chevallard (1999) les présente dans son ouvrage. En nous appuyant sur notre analyse épistémologique de la démarche d'investigation, et sur les résultats de l'analyse des fiches de préparation, nous considérons que l'appropriation de ces savoirs et savoir-faire est nécessaire à l'élaboration et la mise en œuvre d'une démarche d'investigation, telle qu'elle est présentée dans les programmes.

### 2.1.2.2.1. Les savoirs théoriques

#### *Conceptions des élèves*

Les programmes officiels demandent explicitement aux enseignants, pour l'élaboration d'une situation-problème, d'« identifier les conceptions ou les représentations des élèves, ainsi que les difficultés persistantes (analyse d'obstacles cognitifs et d'erreurs) ». Notre analyse préalable a montré que, pour la plupart des fiches, soit l'item choisi ou la formulation du problème ne se prêtaient pas au dépassement d'obstacles cognitifs, soit les conceptions n'étaient pas prises en compte. S'agit-il d'une interprétation déformée de la démarche d'investigation par les enseignants ? D'un manque de connaissances des enseignants sur les conceptions des élèves ? Les programmes scolaires ne précisent pas ce qu'ils entendent par « conceptions ». Et dans la recherche en didactique, nous ne trouvons pas de présentation univoque de cette notion, qui soit partagée et acceptée par la communauté des didacticiens.

Connaissances naïves, (pré-, mis-) conceptions (alternatives), représentations, schèmes, modèles mentaux, raisonnements communs... Le vocabulaire est riche pour décrire les manières

préscientifiques de penser, de « voir » le monde physique, de comprendre les phénomènes, qui « résistent » à l'enseignement et se manifestent par des erreurs récurrentes<sup>7</sup>.

D'un point de vue psychologique, Lautrey (2008) distingue trois principaux courants traitant du développement cognitif :

- les tenants de la conception modulaire, qui mettent l'accent sur un noyau initial de principes intangibles et considèrent le développement cognitif comme un enrichissement de ce noyau initial ;
- les tenants des théories naïves, qui ont pu montrer que les enfants élaborent des modèles mentaux cohérents pour répondre aux problèmes qui leur sont soumis, et que ces modèles respectent certains principes qui constitueraient une théorie naïve. Ces principes peuvent se trouver modifiés au cours du développement ;
- les tenants des catégories ontologiques, qui considèrent que les objets et leurs propriétés (leur composition, les actions qu'ils peuvent exercer, les actions que l'on peut exercer sur eux) sont à la base des raisonnements. Ils supposent l'existence de catégories (matière, processus, abstractions) organisées en « arbres » et considèrent le développement comme un processus de réattribution brutale des concepts d'une branche ontologique à une autre.

Si l'on s'intéresse aux liens entre les recherches didactiques sur les conceptions des élèves et les courants de recherche psychologique, les positionnements se révèlent variés.

Le point de vue développé par Viennot sous le terme générique de raisonnement (Viennot, 1996, p. 20) met l'accent sur la structure temporo-causale des explications du sens commun : « *Le temps imprègne les formulations explicatives communes. Même sans ordre spatial suggestif, nous racontons volontiers des histoires sur les systèmes. Lorsqu'un objet complexe se transforme sur place, nous en analysons les rouages un par un, comme si chacun agissait sur le suivant en prenant son temps.* » (Viennot, 1996, p. 123). Mais son point de vue comporte également des considérations sur l'ontologie des concepts. Elle met ainsi en lumière la tendance de l'esprit humain à matérialiser certains concepts de la physique. Par exemple, le courant électrique est souvent considéré comme un fluide s'écoulant dans un circuit.

Pour Di Sessa (1993), la « physique naïve » s'interprète en termes d'accumulation et (ré)organisation de petits éléments (les « p-prims », pour « phenomenological primitives ») dont la mobilisation est très sensible au contexte. Ces p-prims peuvent être des éléments de connaissances,

---

<sup>7</sup> Notons que les termes de conceptions ou de représentations sont appliqués par certains auteurs à des concepts : conception de l'énergie, de la lumière, de la pression, du son, de la chaleur. Il s'agit là d'une approche un peu différente, celle du sens qui peut être attribué à un terme utilisé dans le langage scientifique de la compréhension d'un concept scientifique.

des stratégies, ou des unités de raisonnement qui permettent d'expliquer des phénomènes qui ne paraissent aucunement problématiques à l'observateur. Par exemple, on s'attend à ce que la vitesse d'un objet que l'on a lancé sur le sol, diminue progressivement. Mais l'explication de ce phénomène par les sujets peut s'appuyer sur un raisonnement en désaccord avec la physique. Un p-prim souvent sollicité pour expliquer ce phénomène est celui que Di Sessa a nommé « dying away » (« s'éteindre ») : « tout mouvement, surtout s'il a été provoqué par une impulsion ou violemment, s'éteint progressivement »<sup>8</sup> (notre traduction, 1993, p. 219). En contradiction avec le principe d'inertie, de nombreux élèves considèrent donc que l'amplitude de tout mouvement diminue.

Le point de vue développé par Minstrell (1992), Galili (1996) et Galili & Hazan (2000) s'appuie sur la notion de p-prim proposée par Di Sessa. Minstrell et Galili s'intéressent à l'instanciation de ces p-prim très générales en facettes de connaissances spécifiques à un domaine particulier. Mais ils trouvent une certaine cohérence entre ces facettes de connaissance, qu'ils considèrent donc comme l'expression d'un modèle mental d'un ensemble de situations. C'est ainsi que Galili a étudié l'évolution des modèles pré-scientifiques de certains phénomènes optiques : vision, formation d'ombres, formation d'images à l'aide d'une lentille... Pour Galili, un schème est un « *modèle explicatif intégrateur utilisé par un individu pour appréhender différentes situations* »<sup>9</sup>, un « *ensemble de facettes qui représentent sa manifestation dans de nombreuses situations* »<sup>10</sup> (notre traduction, Galili & Hazan, 2000, p. 60).

Notons également les travaux de Mariani & Ogborn sur l'ontologie des objets et des événements : « *Les explications découlent souvent directement d'une compréhension de la nature des choses. Les fluides s'écoulent ; les objets solides se déplacent d'un endroit à un autre ; des influences invisibles provoquent des changements. Nous pensons qu'une telle approche ontologique est utile pour la compréhension des idées communes. Ainsi, si l'on veut comprendre comment quelqu'un se représente une chose, il est bon de commencer par poser des questions telles que « Peut-on la toucher ? », « Peut-on la voir ? », « Peut-elle faire quelque chose par elle-même ? », etc.* »<sup>11</sup> (notre traduction, Mariani & Ogborn, 1991, p. 69).

Dans le cadre de la formation que nous avons mise en place, il ne nous a pas paru possible d'évoquer ces différences de points de vue, et les questions théoriques sous-jacentes. Notre objectif

<sup>8</sup> "All motion, especially impulsively or violently caused, gradually dies away"

<sup>9</sup> "common core explanatory pattern deployed by an individual for addressing different settings"

<sup>10</sup> "cluster of facets which represent its realization in various situations"

<sup>11</sup> "Explanations often follow rather directly from an understanding of the nature of things. Fluids flow; solid things move from place to place; invisible influences cause changes. It is our view that an understanding of people's ideas is usefully approached at this ontological level. That is, if one wants to understand how people think about something, a good start is to ask questions like 'Can you touch it?', 'Can you see it?', 'Can it do anything by itself?', and so on."

a été de sensibiliser les enseignants au repérage et à la prise en compte, à travers des « erreurs » commises par les élèves, de représentations (conceptions, modèles mentaux, schèmes,...) différentes de phénomènes, dans divers domaines des sciences physiques. Nous avons donc souhaité que les enseignants se familiarisent avec l'idée que les conceptions constituent une structure de pensée intégratrice, qui se manifeste de diverses manières, en fonction des situations, dans les réponses des élèves. De ce fait, nous nous rapprochons du point de vue développé par Galili, les erreurs constituant des manifestations des facettes d'un schème.

Ce que nous proposons dans la formation, sous la forme d'apports théoriques, mais aussi de « tâches d'entraînement » (voir plus loin), donne l'occasion aux enseignants de se familiariser avec le repérage de conceptions à travers des situations physiques et des réponses d'élèves. Cela devrait ainsi préparer les enseignants à une meilleure prise en compte des conceptions dans l'élaboration de situations-problèmes. Cela devrait également favoriser un repérage plus immédiat des conceptions des élèves une fois dans la classe, plus particulièrement au cours de la phase de débat, dans l'optique de mettre en place des stratégies de déstabilisation de ces conceptions.

La situation-problème, telle qu'elle est présentée dans les programmes, s'apparente à l'approche de Robardet (2001). Il s'agit, pour les enseignants, d'élaborer un problème qui permette à la fois la déstabilisation d'obstacles cognitifs, et la mise en place d'une démarche hypothético-déductive.

Les enseignants devant être capables de formuler une « situation-problème », il nous a paru nécessaire de nous attarder sur la notion de problème en sciences.

Nos résultats antérieurs ont montré que, dans la notion de situation-problème, c'est le terme « situation » qui semble avoir pris une grande importance chez les auteurs des fiches. Alors que la demande de contextualisation est absente des directives des programmes, les problèmes posés aux élèves sont sortis, pour une très grande part, du cadre scolaire classique. Cela se traduit par des références à la vie quotidienne, ou par l'utilisation de personnages ou de situations imaginaires. Les entretiens réalisés nous ont également informés sur les intentions des enseignants quant à ces situations de départ. Leur caractère ludique ou quotidien serait un facteur de motivation essentiel et faciliterait l'investissement des élèves dans la séquence. Contrairement à la situation-problème qui sous-tend une certaine cohérence tout au long de la séquence, dans la résolution du problème posé, les « situations déclenchantes » rencontrées dans les fiches de préparation constituent plutôt un prétexte ponctuel pour démarrer la séquence, qui pourra se poursuivre sans plus de référence à l'anecdote de départ.

Afin que les enseignants puissent formuler un problème clair, avec des enjeux de connaissances et de motivation forts, nous souhaitons donc apporter des éclairages théoriques sur les problèmes



en sciences. Il s'agira, par la même occasion, de montrer les limitations qu'ont subies les problèmes dans le processus de transposition didactique, afin de mieux cerner la particularité du type de problème recommandé par les directives officielles.

En effet, ces dernières, en demandant aux enseignants de repérer les obstacles cognitifs et d'en tenir compte pour l'élaboration d'une situation-problème, sous-entendent que le problème posé doit permettre la déstabilisation de conceptions. Or les résultats de l'analyse préalable des fiches de préparation ont montré que peu de problèmes posés visaient le dépassement d'obstacles cognitifs.

Nous souhaitons donc aborder la notion de conflit cognitif, dans un premier temps, d'un point de vue théorique, en tentant de caractériser ce type de problème, à visée d'apprentissage, par rapport à la variété des problèmes que nous aurons présentés dans une perspective épistémologique.

### *Démarche hypothético-déductive*

Alors qu'il existe une variété de démarches scientifiques, les auteurs des programmes préconisent, dans le cadre d'une démarche d'investigation, la mise en place d'une démarche hypothético-déductive pour la résolution de problèmes. Notre objectif est donc de faire prendre conscience aux enseignants inscrits à la formation, de la particularité de la démarche d'investigation de ce point de vue, en présentant plusieurs types de démarches scientifiques.

De plus, l'analyse des fiches de préparation a fait émerger que la plupart des enseignants auteurs des fiches avaient des difficultés à planifier ce type de démarche. Si la « formulation d'hypothèses » apparaît comme un élément essentiel de la trame présentée dans le canevas, une signification du terme même d'hypothèse n'est pourtant jamais proposée. Cette lacune pourrait expliquer les confusions des enseignants autour de cette notion. En effet, dans les fiches de préparation, le terme « hypothèse » a été peu utilisé dans son sens strict. Sous la désignation « hypothèse », nous avons trouvé ce qui s'apparente plutôt à des prévisions ou encore des propositions de protocoles. La formulation d'hypothèses par les élèves semble aussi pouvoir recouvrir un statut pédagogique de « droit à l'erreur » pour certains enseignants interviewés. Dans d'autres fiches, il a été demandé aux élèves de formuler des prévisions (sans que celles-ci soient nommées « hypothèses »). Il nous paraît donc important d'introduire cette notion d'hypothèse et de marquer clairement la distinction entre une hypothèse et une prévision.

Enfin, dans une perspective pédagogique, l'autonomie, que l'enseignant est fortement invité à laisser aux élèves, est un bouleversement qui a été peu considéré par les auteurs des fiches. En effet, la phase d'élaboration de protocoles est encore très dirigée par l'enseignant. Peu de fiches laissent entendre que l'élaboration du protocole est principalement laissée à la responsabilité des élèves.

Dans la grande majorité des fiches, soit l'enseignant élabore lui-même le protocole, et l'élève se retrouve alors en position d'exécutant, soit les protocoles sont co-élaborés par les élèves et l'enseignant, l'intervention de l'enseignant étant plus ou moins marquée, et pouvant avoir lieu à des moments différents : imposition du matériel, correction des propositions des élèves avant la phase de manipulation, discussion de l'enseignant avec la classe pour tendre vers une expérience commune, etc.

Nous veillerons donc à ce que les enseignants soient sensibilisés à l'importance de l'autonomie des élèves au cours de cette phase, dans une perspective constructiviste, telle que prescrite par les programmes.

### 2.1.2.2.2. Les savoir-faire

#### *Les tâches d'« entraînement » et les techniques associées*

Dans un premier temps, nous souhaitons que les enseignants effectuent des tâches particulières, permettant de mettre en application des éléments théoriques. Il s'agit, pour les enseignants de savoir repérer des conceptions à partir de productions d'élèves, et de faire la distinction entre une conception et une réponse incorrecte d'élève. Les enseignants, pour cette tâche, ne disposent d'aucune information sur les conceptions des élèves en chimie (ni document, ni apports théoriques de la formatrice). La technique qu'ils doivent alors utiliser consiste à repérer des similitudes dans les réponses incorrectes des élèves et à en inférer des conceptions sous-jacentes, qui puissent leur permettre, par la suite, d'appréhender de nouvelles réponses d'élèves qui seraient des manifestations de ces conceptions.

Après les apports théoriques sur les différents types de problèmes en sciences, nous souhaitons que les enseignants soient capables de caractériser différents types de problèmes, issus du corpus de fiches. Avant de focaliser leur attention sur un problème visant le dépassement d'obstacles cognitifs, tel que suggéré par les programmes, il s'agira donc, pour les enseignants, de réfléchir aux enjeux épistémologiques sous-jacents à une variété de problèmes : en résolvant tel ou tel problème, on élabore une loi, on étudie les conditions d'apparition d'un phénomène, on interprète un phénomène, on met au point un test, etc. Il s'agira aussi de comprendre que, pour un même objectif de connaissance, des formulations de problèmes différentes peuvent mener à des démarches de résolution différentes. La technique que les enseignants auront à mettre en œuvre consiste donc à comparer des problèmes qui leur seront soumis avec une caractérisation des problèmes proposée par la formatrice.

Nous souhaitons, enfin, que les enseignants puissent réinvestir les apports théoriques sur les démarches en sciences, et soient ainsi capables de repérer, parmi un florilège de problèmes issus des fiches de préparation analysées précédemment, ceux qui peuvent mener à la mise en place d'une démarche hypothético-déductive.

### *L'élaboration d'une situation-problème*

L'élaboration d'une situation-problème est une tâche complexe devant répondre aux conditions fixées par les programmes, inspirées de la caractérisation de Robardet (2001). Une situation-problème doit, en effet, permettre le dépassement d'un obstacle cognitif, et le problème posé doit être pouvoir être résolu par une démarche hypothético-déductive.

Pour élaborer une situation-problème, les enseignants doivent donc être capables de trouver un item des programmes dont l'acquisition nécessite la déstabilisation d'une conception. Il s'agit donc, pour les enseignants, pendant la phase de préparation de leur séquence, d'analyser les obstacles cognitifs à dépasser en vue de l'acquisition de connaissances par les élèves. Les techniques associées à cette tâche font appel à des outils qui devront être mis à disposition des enseignants. Ces techniques sont la consultation des Fiches Connaissances du Primaire, d'articles ou d'ouvrages présentant des résultats de recherche en didactique sur les conceptions recherchées, etc.

L'analyse des fiches de préparation a montré que peu de problèmes visent la déstabilisation de conceptions. Au-delà de la seule caractérisation de problèmes, nous souhaitons que les enseignants soient capables de formuler eux-mêmes un problème qui permette le dépassement d'obstacles cognitifs, tel que cela est suggéré dans les programmes. L'exécution de cette tâche est possible grâce à la mise en œuvre de techniques, telles que la recherche de situations ou d'expériences dont le résultat peut déstabiliser les conceptions des élèves.

Enfin, l'analyse préalable a révélé que peu de fiches de préparation comportent une phase de formulation d'hypothèses. En effet, tous les items des programmes choisis, ou encore les formulations de problèmes en vue d'acquérir les connaissances visées, ne sont pas toujours adaptés à la mise en place d'une démarche hypothético-déductive. Au-delà de la seule détection de problèmes menant à une démarche hypothético-déductive, les enseignants doivent savoir formuler eux-mêmes des problèmes solubles par ce type de démarche.

### **2.1.3. Questions de recherche : éléments de *technologie***

La formation que nous avons élaborée vise à favoriser un « dialogue » (Mayen & Savoyant, 2002) entre les enseignants et les programmes officiels. Il s'agit non seulement de fournir des éléments théoriques (notions sous-jacentes à la démarche d'investigation : conceptions, démarche hypothético-déductive), de fournir des outils permettant la mise en place d'une *technique* (Fiches Connaissances du Primaire, etc.), utiles à l'exécution d'une *tâche*, l'élaboration d'une situation-problème, mais aussi de permettre aux enseignants d'élaborer leur propre *technologie*. Nous avons formulé deux questions de recherche portant sur deux aspects de cette *technologie*, c'est-à-dire la justification des choix des enseignants dans le processus d'élaboration d'une situation-problème. Ces questions portent sur la prise en compte des conceptions des élèves en vue de la formulation d'un problème qui soit à la fois favorable au dépassement d'obstacles cognitifs, et à la mise en œuvre d'une démarche hypothético-déductive.

Deux autres questions de recherche portent sur les questions que les enseignants soulèvent, en relation avec les savoirs et savoir-faire que nous souhaitons transmettre dans le cadre de la formation. Il s'agit de relever les aspects de la démarche d'investigation qui les ont particulièrement marqués, les obstacles qu'ils voient à la mise en œuvre de ce type de séquence et les problèmes techniques qu'ils mettent en évidence.

Morge (2009) a distingué trois niveaux d'évaluation des effets d'un dispositif de formation. Le niveau 1 s'intéresse à l'impact de la formation sur les connaissances et les discours des enseignants. Le niveau 2 vise les pratiques effectives des enseignants et les activités des élèves. Enfin, le niveau 3 correspond à l'impact du dispositif de formation sur l'apprentissage des élèves dont les enseignants ont suivi le dispositif de formation. En nous attachant à analyser l'évolution du discours des enseignants à travers des questionnaires au cours de la formation et pendant l'élaboration d'une séquence d'investigation, nous réalisons donc une évaluation de niveau 1, selon les critères de Morge.

1<sup>e</sup> question de recherche : *Comment ont évolué, au cours de la formation, l'appropriation, par les enseignants, de la notion de conception et la prise en compte des conceptions des élèves ?*

### *Savoirs*

Dans un premier temps, nous souhaitons observer la façon dont les enseignants s'expriment quant à la considération des idées préalables des élèves pour l'élaboration d'une séquence d'investigation. En quels termes en parlent-ils ? Quel sens donnent-ils à ces « idées » ? Recouvrent-elles déjà une signification proche de la notion de conceptions ?

La démarche d'investigation visant la déstabilisation de conceptions, un des objectifs de la formation a donc été de sensibiliser les enseignants à la prise en compte des conceptions des élèves. Nous cherchons donc à savoir si les enseignants font référence au dépassement d'obstacles cognitifs lorsqu'ils s'expriment sur les objectifs d'une démarche d'investigation, et si oui, nous sommes particulièrement attentive au sens que ces références peuvent recouvrir.

### *Savoir-faire*

Nous cherchons également à savoir dans quelle mesure les savoir-faire (présentés plus haut) liés aux conceptions des élèves sont effectifs pour les enseignants : le repérage des conceptions à partir de productions d'élèves, la distinction entre une conception et une réponse incorrecte d'élève, et la prise en compte des conceptions pour l'élaboration d'une situation-problème.

Nous commencerons donc par observer si les enseignants repèrent des manifestations de conceptions dans des productions d'élèves et nous mesurerons leur degré d'interprétation des réponses des élèves en termes de conceptions : repèrent-ils des similitudes dans les réponses des élèves lorsque celles-ci sont incorrectes ? Si ces similitudes ont été relevées, comment les interprètent-ils ? Dans quelle mesure formulent-ils un modèle de raisonnement, qui pourra être explicatif et prédictif pour leurs futures confrontations à des réponses d'élèves ?

Au cours de l'élaboration d'une séquence d'investigation, les enseignants doivent être capables de prendre en compte les conceptions des élèves dans l'élaboration d'une situation-problème. Plusieurs questions permettent de sonder cette capacité : comment les enseignants réalisent-ils le choix de l'item du programme qui sera l'objet de leur séquence d'investigation ? L'existence de conceptions associées entre-t-elle en ligne de compte ?

A l'issue de la formation, les enseignants doivent être capables de formuler un problème qui permet de déstabiliser les conceptions des élèves, comme cela est suggéré dans les programmes. Plusieurs questions visent à mesurer la capacité des enseignants à formuler ce type de problème : lorsqu'ils élaborent une situation-problème, le problème que les enseignants prévoient de poser aux élèves permet-il le dépassement d'obstacles cognitifs ? Si oui, comment est-il créé ? De quel type de conflit s'agit-il (cognitif / sociocognitif) ?

Nous cherchons également à savoir comment les enseignants, après les apports théoriques, caractérisent un ensemble de problèmes que nous leur soumettons.

2<sup>e</sup> question de recherche : *Comment ont évolué, au cours de la formation l'appropriation et la mobilisation, par les enseignants, de la notion de démarche hypothético-déductive ?*

La première étape de la démarche d'investigation, telle qu'elle est décrite dans les instructions officielles, est l'élaboration d'une situation-problème. Comme nous l'avons détaillé plus tôt, il semblerait que la notion de situation-problème présente dans les programmes s'apparente à l'approche de Robardet (2001). Une de ses caractéristiques est que le problème posé aux élèves peut être résolu par une démarche hypothético-déductive. Nous tenterons de répondre à cette question de recherche à partir de questions plus spécifiques, selon qu'il s'agit de savoirs ou de savoir-faire.

### *Savoirs*

Nous chercherons tout d'abord à savoir comment les enseignants se sont approprié la notion d'hypothèse. Dans les démarches proposées par les enseignants, nous observerons s'il apparaît une phase de formulation d'hypothèses, ou s'il s'agit plutôt de prévisions. Nous pourrions ainsi déterminer dans quelle mesure une éventuelle confusion entre ces deux notions évolue au cours de la formation. Si les enseignants demandent aux élèves de formuler des prévisions, nous chercherons à savoir si ces dernières doivent être argumentées. Nous serons également attentive à la description de la démarche hypothético-déductive : est-elle considérée dans son intégralité par les enseignants ? En d'autres termes, lorsqu'ils prévoient une phase de formulation d'hypothèses, est-elle assortie d'une phase de test d'hypothèses ?

### *Savoir-faire*

Nous cherchons également à savoir si les enseignants sont capables de détecter des problèmes susceptibles de mener à une démarche hypothético-déductive, parmi un ensemble de problèmes que nous leur présentons. Au-delà du seul repérage de problèmes pouvant mener à ce type de démarches, nous observerons la façon dont les enseignants élaborent eux-mêmes un problème : lorsqu'ils construisent une situation-problème, le problème qu'ils prévoient de poser aux élèves est-il favorable à la mise en place d'une démarche hypothético-déductive ?

3<sup>e</sup> question de recherche : *Quels autres aspects de la démarche d'investigation ont attiré l'attention des enseignants ?*

Nous avons construit la formation à partir des résultats de notre analyse de fiches de préparation, qui portaient sur les principales spécificités de la démarche d'investigation : prise en compte des conceptions des élèves et la mise en place d'une démarche hypothético-déductive.

Cependant, les enseignants ont pu être marqués par d'autres aspects de la démarche d'investigation. La formation ayant commencé en novembre 2008, leur appréhension de ce nouvel objet d'enseignement est probablement le résultat de plusieurs influences : leur lecture des textes officiels, leurs expériences propres, leurs réflexions suite à des formations, des échanges entre collègues, des recherches sur internet, des lectures d'ouvrages sur la démarche d'investigation, etc. Dans une perspective de « dialogue » entre les instructions officielles et le point de vue des utilisateurs, nous tentons donc de faire le point sur la façon dont les enseignants caractérisent une démarche d'investigation, deux ans après la mise en application effective des programmes de 2005, et comment cette vision évolue au cours de la formation.

*4<sup>e</sup> question de recherche : Quels obstacles les enseignants voient-ils à la mise en œuvre d'une démarche d'investigation ?*

Enfin, nous sommes également attentive aux questions que peuvent soulever les enseignants lorsqu'ils se projettent dans la mise en place effective de la séquence, ou lorsqu'ils la décrivent. Il pourra s'agir de questions que les enseignants soulèvent spontanément au cours de leurs discussions, et qui peuvent « contrarier » la mise en place d'une démarche d'investigation en situation de classe : matériel disponible dans l'établissement, gestion des groupes d'élèves / de la classe, gestion du temps, etc.

### **2.2. Déroulement de la formation – choix des activités en fonction des objectifs de la formation et des questions de recherche**

Vingt enseignants des académies de Paris et de Versailles ont participé à cette session proposée dans le cadre du Plan Académique de Formation. Ils avaient des expériences variées de l'enseignement (entre 2 et 15 ans) et enseignaient à des élèves issus de milieux sociaux variés. Dès la première séance, ils ont été informés qu'ils participaient à une formation qui faisait l'objet d'une recherche.

La formatrice, maître de conférences en didactique des sciences physiques depuis septembre 2006, était impliquée dans la formation des enseignants du Primaire et du Secondaire sur les

questions liées à l'appropriation de la démarche d'investigation. Cette formation était déjà proposée au PAF des trois académies franciliennes pour l'année 2007-08, sans que cette session n'ait fait l'objet d'une recherche. La session de formation pour l'année 2008-09 a, quant à elle, été marquée non seulement par nos deux analyses préliminaires (auxquelles la formatrice n'a pas participé) : l'étude de la démarche d'investigation d'un point de vue épistémologique et l'analyse de fiches de préparation ; mais aussi par les objectifs de formation et les questions de recherche que nous avons formulés à partir de ces résultats. Il s'agissait aussi de prévoir avec elle des moments de recueil de données qui nous permettraient de répondre à nos questions de recherche, en évitant autant que possible de perturber la dynamique de la formation. Ainsi, les activités que nous proposons aux enseignants ont, pour la plupart, une double finalité de formation et de recherche. Il nous a paru important que la formatrice ait connaissance des résultats de notre étude préliminaire pour orienter la formation de sorte que celle-ci réponde aux besoins que nous avons préalablement mis en lumière, et qu'elle soit au fait des questions que nous nous posons, pour inciter les enseignants inscrits à s'exprimer plus amplement sur les aspects qui nous intéressent. La formatrice n'a pas participé, par la suite, à l'analyse des données recueillies à l'occasion de cette session.

Nous présentons maintenant le déroulement de la formation ainsi que les différentes activités proposées aux enseignants.

### *1<sup>e</sup> séance de formation (6h)*

La première séance de formation a consisté en la présentation de la démarche d'investigation, sous différents éclairages, en relation avec nos objectifs de formation. La présentation de la formatrice est consultable en annexes.

### *Idées préalables des stagiaires sur la démarche d'investigation*

Avant tout apport théorique, nous avons souhaité recueillir les idées préalables des stagiaires quant à cette nouvelle méthode d'enseignement. Nous avons à cet effet distribué un questionnaire initial. Dans ce questionnaire initial, il est demandé de caractériser cette méthode d'enseignement, de préciser ce qu'elle apporte de nouveau, de décrire une séquence d'investigation qu'ils ont éventuellement mise en place avant la formation, de faire part des points positifs et difficultés rencontrés au cours de la séquence, et enfin, d'exprimer leurs attentes quant à la formation.



Ce questionnaire initial, comme les trois autres questionnaires distribués aux enseignants (voir annexes), était anonyme, afin que ces derniers puissent s'exprimer le plus librement possible. Les vingt enseignants inscrits à la formation étaient présents à la première séance.

Dans ce questionnaire, aucune question ne concerne directement les conceptions des élèves. Cependant, nous pouvons relever des indices quant à la considération des idées des élèves, dans la caractérisation que fait l'enseignant de la démarche d'investigation, ainsi que ses différentes étapes. Nous obtenons donc une première image de la prise en compte des idées des élèves par les enseignants qui y font spontanément référence, avant tout apport théorique. Il en va de même pour la démarche hypothético-déductive. Nous obtenons également des informations sur les autres aspects de la démarche d'investigation qui ont marqué les enseignants.

Après le recueil de ces premières données, la formatrice a présenté le contexte d'apparition de la démarche d'investigation : PRESTE (M.E.N., 2000), programmes de l'Ecole Primaire (M.E.N., 2007)). Ensuite, nous souhaitons mettre l'accent sur les nouveautés de cette méthode d'enseignement, du point de vue pédagogique, soit la « construction du savoir par l'élève » et « l'élaboration de réponses et la recherche d'explications ou de justifications [débouchant] sur l'acquisition de connaissances ». Un exemple de fiche TP très directive, issue d'un ouvrage de Courtillot et Ruffenach, « Enseigner les sciences physiques » (2004, p. 78), permet, de la même manière que les deux auteurs, de montrer le contraste de ce type de méthode avec les intentions des programmes quant à la démarche d'investigation. Les sept étapes du canevas sont ensuite présentées aux enseignants. L'accent est mis sur les notions qui constituent nos principaux objectifs de formation : la prise en compte des conceptions des élèves et la mise en place de démarches hypothético-déductives. Il s'agit donc ensuite de développer ces points clés.

### *Conceptions*

Nous avons souhaité sensibiliser les stagiaires à l'intérêt de prendre en compte les conceptions des élèves afin de concevoir des séquences visant leur déstabilisation.

Nous avons donc considéré que la notion de conception constituait un savoir théorique essentiel. La formatrice s'est appuyée sur le modèle de Galili & Hazan (2000) car il nous a paru le plus adapté pour décrire la structure cognitive des élèves et donner des outils de réflexion aux enseignants. Nous avons donc décrit la structure cognitive comme étant composée de différents « schèmes de savoir », un schème correspondant à un modèle général d'explication mis en œuvre par un individu dans un domaine donné. A chaque schème est affilié un ensemble de « facettes », manifestations de ce

schème dans une variété de situations. D'éventuels « progrès » effectués par les élèves sur une facette du schème ne déstabilisent pas forcément le schème dans son ensemble.

La formatrice a également fait la distinction entre une conception et une difficulté récurrente, ou encore une réponse incorrecte d'élève à une question. Les Fiches Connaissances du Primaire (M.E.N., 2002) ont permis d'illustrer cette notion au travers d'exemples de conceptions d'élèves de Primaire dans différents domaines des sciences physiques. Quelques résultats des recherches didactiques consacrées aux études de conceptions ont permis d'enrichir les exemples précédents. La formatrice a présenté deux exemples dans les domaines de l'électrocinétique et de l'optique, au niveau du collège.

- Concernant l'électrocinétique, Closset (1989) et Dupin & Johsua (1986), dans leurs travaux, présentent ainsi plusieurs conceptions apparaissant tout au long de la scolarité des élèves, en fonction de leur niveau et le l'intégration de nouveaux concepts. Ils les appellent : la « conception unifilaire », la « conception à courants antagonistes », la « conception circulatoire avec épuisement du courant », la « conception pile = générateur de courant ». La « conception unifilaire », par exemple, très répandue chez les élèves du Primaire et qui persiste encore chez certains élèves de 4<sup>e</sup>, se manifeste ainsi dans les réponses des élèves : un fil unique, reliant une pile à une ampoule, suffirait à allumer cette dernière, et le courant s'écoulerait d'une borne de la pile (généralement la borne +) jusqu'à l'ampoule, où il serait consommé.
- Concernant l'optique, il existe différentes manifestations des conceptions des élèves concernant la vision des objets (Guesne, 1984 ; Kaminski, 1989). Certaines sont liées au rôle de la lumière dans la vision. La visibilité de la lumière est une conception répandue chez de nombreux élèves (Saltiel & Kaminski, 1996). En allumant un laser dirigé vers le plafond, de nombreux élèves prévoient d'observer un trait rouge lumineux entre le laser et le plafond.

Après avoir abordé ces éléments théoriques sur les conceptions, la formatrice a distribué un questionnaire « conceptions ». Il s'agit de présenter aux enseignants les réponses de six élèves à un questionnaire didactique, mis en œuvre dans le cadre d'une recherche sur le thème de la transformation chimique, et de niveau 3<sup>e</sup> (Méheut, communication privée).

Du point de vue de la formation, à travers ce questionnaire, les enseignants ont l'occasion de se pencher sur des productions d'élèves pour y déceler des similitudes et en faire émerger des tendances de raisonnement plus générales. Ce travail peut contribuer à l'élaboration d'une situation-problème puisque les enseignants doivent avoir identifié les conceptions des élèves pour proposer un problème qui permette de les déstabiliser. De plus, cet exercice vise à donner plus d'aisance aux enseignants lorsqu'ils seront face à leurs propres élèves. Il devrait leur permettre d'analyser plus

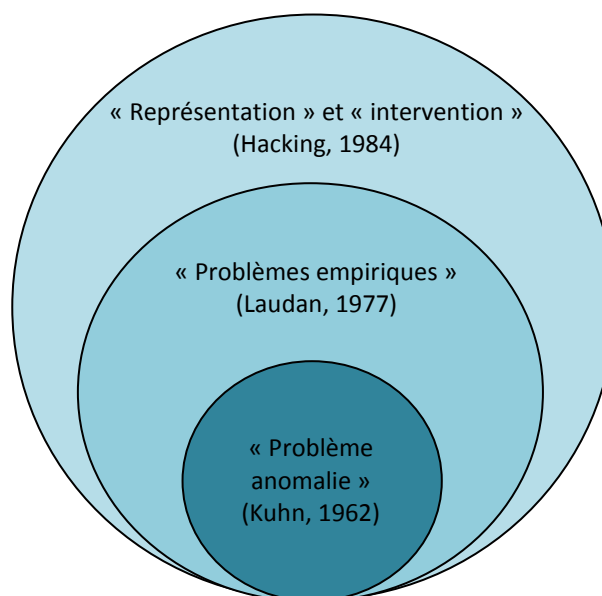
facilement, en situation de classe, les réponses d'élèves au cours de la phase de débat, afin de les prendre en compte plus efficacement.

Du point de vue de la recherche, nous cherchons à savoir dans quelle mesure les enseignants mettent en place deux des savoir-faire liés aux conceptions (présentés plus haut) : le repérage des conceptions à partir de productions d'élèves, et la distinction entre une conception et une réponse incorrecte d'élève. Le questionnaire « conceptions » a pour objectif de nous permettre d'analyser les capacités des enseignants à repérer des manifestations de conceptions dans des productions d'élèves et de mesurer leur degré d'interprétation des réponses des élèves en termes de conceptions. La consigne donnée aux enseignants est la suivante :

*« En vous appuyant sur les productions d'élèves présentées ci-joint, identifiez les conceptions des élèves. Situez-les par rapport à la conceptualisation d'une réaction chimique. »*

La formatrice a ensuite apporté des éléments théoriques sur les problèmes en sciences. Pour mieux cerner la spécificité de la démarche d'investigation, quant au problème que l'enseignant est invité à poser à ses élèves, nous avons présenté trois visions des problèmes scientifiques que l'on peut trouver dans la littérature. Ce sont celles de trois épistémologues : Kuhn, Laudan, et Hacking.

Nous proposons ci-dessous (figure 3) un schéma pour représenter trois visions différentes du problème chez les auteurs précités. Il ne s'est pas agi, dans le cadre de la formation, d'être exhaustif, ni d'exposer les évolutions des approches, mais de représenter certains rapprochements entre les différentes significations du problème en sciences. La vision de Hacking nous paraissant la plus ouverte sur le problème en science, elle englobe celle de Laudan. Quant au problème anomalie de Kuhn, il est encore plus particulier. En effet, bien que sa finalité soit l'explication de phénomènes, comme les problèmes de type « représentation » (Hacking) ou les « problèmes empiriques » (Laudan), ce type de problème ne naît qu'à la condition que les attentes a priori soient contradictoires avec les phénomènes.



**Figure 3 : quelques définitions du problème scientifiques**

Afin de présenter le spectre le plus large possible des problèmes en sciences, nous avons souhaité nous attarder sur la vision de Hacking, qui nous paraît être la plus ouverte. Les deux grandes catégories qu'il a proposées, représentation et intervention, rassemblent plusieurs sous-catégories de problèmes. Nous avons regroupé quelques unes de ces sous-catégories dans le tableau suivant :

**Tableau 4 : quelques types de problèmes en sciences classés selon les critères de « représentation » et d'« intervention » (Hacking, 1984)**

Représentation	Intervention
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etude d'un phénomène</li> <li>• Interprétation d'un phénomène</li> <li>• Elaboration d'une loi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en œuvre d'un test</li> <li>• Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait</li> </ul>

Ces sous-catégories, formulées à partir des problèmes posés dans les fiches de préparation, ont été présentées aux enseignants. La formatrice a insisté sur la distinction entre les problèmes de types « interprétation d'un phénomène » et « étude d'un phénomène ». Les premiers correspondent à la recherche d'une explication du phénomène. Les seconds consistent en la recherche des paramètres dont le phénomène dépend. Pour illustrer ces idées, la formatrice s'est appuyée sur le phénomène de la chute libre, des points de vue de Galilée et de Newton, le premier s'étant principalement intéressé à la l'étude de la chute, sa description phénoménologique (la distance parcourue au cours

de la chute est proportionnelle au carré du temps de parcours), la recherche des paramètres influents, tandis que le second propose une explication faisant intervenir la gravitation.

Nous avons souhaité réaliser, avec les enseignants, un parallèle entre les approches des trois épistémologues précités et le type de problème préconisé dans la démarche d'investigation. Comme nous l'avons vu au chapitre 1, la situation-problème telle qu'elle est présentée dans les programmes peut s'apparenter au problème « anomalie » de Kuhn. En effet, l'objectif de la situation-problème est de présenter, en premier lieu, une situation qui déstabilise les conceptions des élèves, et de créer ainsi un problème « anomalie » au sens de Kuhn : une observation non conforme aux attentes, aux idées *a priori*.

Nous avons également fait remarquer que la déstabilisation des conceptions des élèves est une approche particulière de l'apprentissage, parmi d'autres courants où l'élève est acteur de la construction de ses savoirs. Les obstacles cognitifs que les élèves auront à dépasser, se rapprochent de la notion d'« obstacles épistémologiques » développée par Bachelard (1938), et selon laquelle la connaissance se construit contre la pensée commune.

### *Démarche hypothético-déductive*

Nous avons évoqué différents aspects des démarches scientifiques (analogie, modélisation, induction, déduction, hypothético-déduction, ...) afin de mettre en lumière la particularité de la démarche d'investigation, puisque les programmes préconisent la mise en œuvre d'une démarche hypothético-déductive, pour résoudre le problème posé.

Pour introduire la démarche hypothético-déductive, nous commençons par donner une signification du terme « hypothèse ». De plus, les résultats de l'analyse des fiches de préparation nous ont fortement incitée à faire la distinction entre hypothèse et prévision.

Un exemple de démarche hypothético-déductive permet également de suivre le déroulement, étape par étape, de ce type de démarche. Le problème de départ consiste à fabriquer un pendule qui bat la seconde. Ce problème, de type « intervention » (mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait) selon la classification de Hacking (1984), peut être résolu en testant plusieurs hypothèses portant sur les différents paramètres desquels la période d'oscillation du pendule peut dépendre. En faisant varier séparément chaque paramètre, et en mesurant leurs effets sur la période d'oscillation, on pourra savoir si la période d'oscillation du pendule dépend de :

- la masse,
- la longueur du fil,
- l'élongation.

Après les apports de la formatrice, les enseignants ont répondu au troisième questionnaire du livret : le questionnaire « Problèmes et démarches ». Ce dernier présentait sept problèmes issus du corpus des fiches de préparation. Il s'agissait, pour les enseignants, de caractériser ces problèmes et de préciser ceux qui pouvaient mener à la mise en place d'une démarche hypothético-déductive. La consigne donnée aux enseignants était la suivante :

*« Voici sept problèmes proposés par des collègues dans des fiches mises à disposition sur différents sites académiques sous l'appellation « démarche d'investigation ». En vous référant au classement qui vous a été présenté, pouvez-vous identifier de quel type de problème il s'agit ? Parmi ces problèmes, quels sont ceux qui, selon vous, peuvent conduire à la mise en place d'une démarche hypothético-déductive par les élèves ? Justifiez votre réponse. »*

Ce questionnaire a également été conçu dans une double perspective de formation et de recherche. Du point de vue de la formation, les enseignants mettent ainsi en pratique leurs nouveaux savoirs sur la caractérisation des problèmes et des démarches. Du point de vue de la recherche, cela nous permet de voir comment les enseignants se sont approprié ces savoirs et les réinvestissent dans la pratique.

Enfin, un exemple de séquence d'investigation sur la matérialité de l'air en 4<sup>e</sup> (voir annexes), présenté par la formatrice, permet aux enseignants de suivre le processus d'élaboration d'une situation-problème à partir de la recherche et de l'analyse des conceptions des élèves, ainsi que le déroulement de la démarche hypothético-déductive.

La séquence d'investigation choisie comme exemple portait sur la masse de l'air (M.E.N., programmes du collège, 2008, p. 17). La formatrice a suivi les différentes étapes du canevas d'une démarche d'investigation pour présenter cette séquence. Le travail préparatoire, consistant en l'élaboration d'une situation-problème, a été découpé en trois étapes, comme cela est suggéré dans les programmes :

- l'« [analyse des] savoirs visés », à partir des programmes : l'air est un mélange gazeux, l'état gazeux est un des états de la matière, toute entité matérielle possède une masse ;
- le « [repérage des] acquis initiaux des élèves » : les trois états physiques (5<sup>e</sup>), les grandeurs physiques masse et volume (5<sup>e</sup>)
- l'« analyse d'obstacles cognitifs et d'erreurs », à partir des Fiches connaissances du Primaire (M.E.N., 2002, Fiche n° 3, « Air ») : les élèves reconnaissent l'existence de l'air (il est vital, il est autour de nous, etc.), mais ne lui confèrent pas le statut de matière. Selon eux, un espace transparent est forcément « vide », tandis que la matière doit être visible, résistante,

palpable etc. Ces conceptions ont également été mises en évidence dans des recherches en didactique (Nussbaum, 1985 ; Séré, 1985, 1986 ; Saltiel & Hartmann, 2005).

A partir de l'analyse de ces différents éléments, la formatrice a proposé un problème à poser aux élèves :

« L'air est-il de la matière ? Proposez une expérience qui permette de le montrer. »

Pour la deuxième étape du canevas, « l'appropriation du problème par les élèves », la formatrice décrit les questions sur lesquelles les enseignants peuvent s'appuyer pour animer la discussion qui aura lieu dans la classe : que pensent les élèves de la matérialité de l'air, *a priori* ? Quels sont leurs arguments ? Les réponses des élèves à cette question devraient permettre aux enseignants de repérer quelques manifestations des conceptions, préalablement analysées. Que proposent-ils pour répondre au problème ? La formatrice suggère alors aux enseignants de guider les élèves dans cette réflexion, en leur posant des questions intermédiaires, telles que : Qu'est-ce que la matière ? Quelles sont ses propriétés ?, afin d'amener les élèves à aborder une des propriétés de la matière : la masse.

La formatrice présente ensuite des hypothèses que pourraient formuler les élèves (étape 3) : l'air a une masse / l'air n'a pas de masse, ainsi que des propositions d'expériences qui permettraient de les tester : par exemple, comparer les masses de deux bouteilles, l'une pleine d'air, l'autre vide.

Pour la quatrième étape de la démarche d'investigation, « *L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves* », la formatrice présente les activités possibles des élèves. Ces derniers peuvent décrire plus précisément leur protocole ; faire la liste du matériel dont ils ont besoin : par exemple, deux bouteilles, une pompe, une balance Roberval ; décrire le déroulement de l'expérience : on a deux bouteilles pleines d'air, on retire l'air de l'une des deux à l'aide d'une pompe, on les pose chacune sur un plateau de la balance Roberval. Puis la formatrice explique que les élèves peuvent formuler des prévisions sur ce qu'ils observeraient si l'air a une masse et si l'air ne pèse rien : si l'air a une masse, alors la balance penchera du côté de la bouteille pleine d'air ; si l'air n'a pas de masse, la balance ne sera pas déséquilibrée. La formatrice précise enfin qu'après cette explicitation des prévisions en relation avec les hypothèses, les élèves peuvent passer à la réalisation de l'expérience et comparer leurs observations à l'hypothèse qu'ils avaient formulée.

La formatrice décrit ensuite la cinquième étape du canevas comme une étape consacrée à la confrontation des méthodes et des résultats des groupes d'élèves.

Elle termine la description de la séquence d'investigation avec la phase de bilan de la séquence par l'enseignant (6<sup>e</sup> étape), où sont mis en évidence, avec les élèves, les éléments de savoir utilisés au cours de la séquence. Enfin, elle dit en quoi consiste la 7<sup>e</sup> étape : la proposition, par l'enseignant, d'exercices permettant aux élèves de mobiliser ces nouvelles connaissances.

### *2<sup>e</sup> séance de formation (3h)*

La deuxième séance de formation est consacrée à l'élaboration d'une séquence d'investigation. Elle a deux objectifs : dans une perspective de formation, elle permet aux enseignants de mettre à l'épreuve les savoirs et savoir-faire, abordés au cours de la première séance, et dans une perspective de recherche, l'enregistrement intégral des discussions des enseignants nous donne accès à leur compréhension des savoirs théoriques et la façon dont ils réalisent les savoir-faire.

Cette séance donne donc aux enseignants l'occasion de faire eux-mêmes le travail complexe d'élaboration d'un scénario de séquence d'investigation, en réinvestissant autant que possible les éléments abordés au cours de la première séance. La tâche à réaliser est l'élaboration d'une situation-problème, telle qu'elle est présentée dans les programmes, soit la formulation d'un problème qui permette à la fois le dépassement d'obstacles cognitifs et la mise en place d'une démarche hypothético-déductive, à partir de l'analyse des savoirs visés, du repérage des acquis initiaux et de l'identification de conceptions. La formatrice met à disposition des enseignants les programmes scolaires et les Fiches Connaissances du Primaire. De plus, elle peut fournir des articles de recherche sur des conceptions d'élèves en fonction des besoins des enseignants, quant au choix d'un item des programmes.

Dans notre perspective de recherche, les enregistrements audio de cette séance nous permettent de savoir dans quelle mesure les enseignants réinvestissent les apports théoriques au cours de ce travail complexe. Ils apportent également des éléments de réponse à nos questions de recherche présentées plus haut, en relation avec les intentions pédagogiques de la démarche d'investigation (constructivisme), et avec nos objectifs de formation, notamment la formulation d'un problème qui vise le dépassement d'obstacles cognitifs, et qui puisse être résolu par la mise en œuvre d'une démarche hypothético-déductive.

De plus, la projection par la pensée, des enseignants dans leur classe peut faire émerger des problèmes de mise en pratique de certains aspects de la démarche d'investigation. Nous serons attentive à ces problèmes qui peuvent constituer de réels freins à la traduction des intentions des programmes dans leurs pratiques. Nous avons souhaité que ce travail soit réalisé en petits groupes, afin de favoriser les échanges et l'explicitation des intentions de chacun. Les vingt enseignants ont été regroupés selon quatre groupes de cinq. Le choix du thème de la séquence d'investigation est libre. C'est à eux de le choisir dans l'ensemble des items des programmes de physique et chimie de 5<sup>e</sup> ou 4<sup>e</sup>. Un dictaphone est posé au centre de la table de chaque groupe et enregistre leurs discussions sur toute la durée de la séance (2h30 environ pour chaque dictaphone).



### *Entre la 2<sup>e</sup> et la 3<sup>e</sup> séance de formation*

Nous invitons les enseignants à mettre en place la séquence élaborée au sein de leur groupe de travail (au cours de la deuxième séance de formation), lorsqu'ils le désirent, au cours d'une période de six mois. Il s'agit, pour eux, de confronter leurs intentions à la mise en place effective de la séquence, au cours de laquelle les intentions premières peuvent être plus ou moins modifiées pour s'adapter à des situations inattendues. Une enseignante a accepté de se faire filmer au cours de cette séquence. La vidéo a ensuite servi de support à une discussion lors de la troisième séance.

### *3<sup>e</sup> séance de formation (3h)*

La troisième séance de formation a débuté par un quatrième et dernier questionnaire. Nous avons choisi de le distribuer en début de séance, afin que les enseignants puissent s'exprimer personnellement sur leur expérience de la formation et de la mise en place d'une ou plusieurs démarches d'investigation dans leurs classes, sans subir l'influence des discussions qui portent, dans la suite de la séance, sur la séquence filmée de l'enseignante volontaire. Ce questionnaire final a pour but de connaître, en fin de formation, la façon dont les enseignants ont compris et mis en pratique les savoirs théoriques et savoir-faire liés à la démarche d'investigation. Il leur est demandé de préciser ce qui leur a semblé utile / inutile, intéressant / sans intérêt, et ce qui leur a semblé manquer dans le contenu de la formation. Une question les amène également à décrire les éventuelles modifications dans leur manière d'enseigner depuis le début de la formation. Enfin, nous avons cherché à savoir s'ils avaient mis en œuvre des séquences d'investigation depuis le début de la formation. En cas de réponse positive, nous leur demandions de préciser les éventuelles difficultés qu'ils avaient rencontrées. En cas de réponse négative, ils devaient expliquer pourquoi ils n'avaient pas mis en place ce type de séquence.

Dans ce questionnaire, nous pouvons également savoir, à travers l'expression spontanée des enseignants, si les apports théoriques sur la prise en compte des conceptions des élèves et la démarche hypothético-déductive, les ont particulièrement marqués, et ce qu'ils ont compris et retenu de ces notions, afin de savoir dans quelle mesure les objectifs de la formation ont été atteints.

Quinze enseignants étaient présents lors de cette séance.

La suite de la séance a été consacrée à un retour critique sur les pratiques des enseignants lors de la mise en œuvre de leur séquence dans leur classe. Cette discussion, animée par la formatrice, s'est appuyée sur la vidéo de la séquence de l'enseignante volontaire. Il s'agissait de commenter la

gestion des étapes clés de la démarche d'investigation, en termes de prise en compte des conceptions et mise en place d'une démarche hypothético-déductive. La formatrice a également orienté la discussion autour de la gestion pédagogique de la phase expérimentale : dans quelle mesure les élèves sont-ils autonomes ? De quelle façon et à quels moments l'enseignant intervient-il ? Les autres enseignants étaient invités, non seulement à commenter la séquence filmée, mais aussi à partager leurs propres expériences sur leur séquence, à exposer les difficultés et les éléments positifs qu'ils ont pu rencontrer.

En nous appuyant sur le schéma de Chevallard (1999), nous pouvons donc résumer le déroulement de la formation de la manière suivante :

Nous avons identifié des connaissances théoriques, correspondant à des notions sous-jacentes aux directives des programmes : les conceptions, la démarche hypothético-déductive. Au cours de la formation, nous présentons ces notions, tout en les situant dans une vision plus large de l'activité scientifique, en présentant une variété de problèmes et de démarches en sciences. Les notions de conceptions et de démarche hypothético-déductive correspondent à des éléments de la *théorie*.

Dans le cadre de leur travail préparatoire à la mise en œuvre d'une démarche d'investigation, une *tâche* que les enseignants doivent savoir réaliser est l'élaboration d'une situation-problème. Il s'agit d'une tâche complexe, dont l'exécution doit répondre à plusieurs conditions, correspondant aux caractéristiques d'une situation-problème : le choix d'un item que les élèves peuvent acquérir par le dépassement d'obstacles cognitifs, et la formulation d'un problème qui se prête à la fois à la création d'un conflit cognitif chez les élèves et à la mise en œuvre d'une démarche hypothético-déductive.

Cette *tâche* (l'élaboration d'une situation-problème) pourra être exécutée à l'aide d'un ensemble de *techniques*, abordées en formation : consulter les programmes, les Fiches Connaissances du Primaire, des articles de recherche en didactique sur les conceptions, rechercher des expériences qui permettent de déstabiliser les conceptions, se renseigner sur le matériel disponible dans les établissements, etc. Ces *techniques* font appel à des outils que les enseignants doivent avoir à disposition : les programmes, les Fiches Connaissances, des articles de recherche, etc.

Enfin, Chevallard définit la *technologie* comme le discours rationnel qui vient justifier la technique, en assurant qu'elle permet de bien effectuer la *tâche*. Un des objectifs de la formation est de permettre aux enseignants d'élaborer et de formuler eux-mêmes leur *technologie* à partir des éléments théoriques dont ils disposent, en vue de réaliser la *tâche* demandée (par les programmes et par nous, formateurs), à l'aide des techniques décrites ci-dessus. Nos questions de recherche portent sur divers aspects du processus d'élaboration de cette *technologie* par les enseignants. Il s'agira, en

effet, d'analyser la façon dont les enseignants justifient leurs décisions quant au choix de l'item, qui devra être atteint par le dépassement d'obstacles cognitifs, et quant à la formulation du problème, qui devra favoriser le dépassement d'obstacles cognitifs, et la mise en œuvre d'une démarche hypothético-déductive.

## Chapitre 2

**Tableau 5 : déroulement de la formation : activités des stagiaires et données recueillies**

Journée 1 - Objectifs	Activité des stagiaires / Type de tâche	Données recueillies
Présentation du stage <b>et</b> de la recherche.	➤ <i>En grand groupe (présentation PPT)</i>	
Caractériser la façon dont les enseignants-stagiaires se sont approprié la démarche d'investigation. Cibler les manques et les besoins.	➤ <i>Individuel :</i> Questionnaire initial	Questionnaire initial (individuel)
<p>Expliciter les programmes autour de deux caractéristiques révélées comme difficiles par l'analyse préalable. Mettre les stagiaires en situation de production.</p> <p>1. Formulation d'un problème en tenant compte des conceptions</p> <p>Savoirs visés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Savoir ce qu'est une conception / Distinguer conception, difficulté récurrente, réponse d'élève à une question</li> <li>• Savoir ce qu'est un conflit cognitif</li> </ul> <p>Savoir-faire associés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Savoir repérer une conception</li> <li>• Savoir construire un problème en référence à une conception identifiée ou connue (activité des stagiaires pendant la journée 2, avec recueil des fiches et enregistrement audio de la séance de travail)</li> </ul>	<p>➤ <i>En grand groupe : apports théoriques (présentation PPT)</i> Apports didactiques sur les conceptions + exemples de conceptions associées aux savoirs en jeu dans les programmes de 5<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup>.</p> <p>➤ <i>Individuel :</i> Questionnaire « conceptions » : les stagiaires disposent d'un questionnaire didactique visant l'identification des conceptions des élèves à propos de transformations chimiques. Ils doivent identifier les conceptions initiales des élèves et les difficultés qu'ils peuvent rencontrer dans la mise en pratique de ce thème.</p>	<p>Questionnaire « conceptions » (individuel)</p>

## Chapitre 2

<p>2. Démarche hypothético-déductive</p> <p>Savoirs visés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Connaître les différents types de problèmes en sciences</li> <li>• Savoir ce qu'est une hypothèse / Distinguer hypothèse et prévision</li> <li>• Savoir ce qu'est une démarche hypothético-déductive</li> </ul> <p>Savoir-faire associés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Savoir caractériser un problème</li> <li>• Savoir élaborer un problème scientifique qui permet la mise en place d'une démarche hypothético-déductive : la formulation d'hypothèse et l'élaboration de protocoles par les élèves (activité des stagiaires pendant la journée 2, avec recueil des fiches et enregistrement audio de la séance de travail)</li> </ul>	<p>➤ <i>En grand groupe : apports théoriques (présentation PPT)</i></p> <p>Apports épistémologiques et historiques visant à caractériser les différents types de problèmes en science et les différentes démarches de la science + exemples.</p> <p>➤ <i>Individuel :</i></p> <p>Questionnaire « problèmes et démarches » : les stagiaires disposent de 7 problèmes posés aux élèves dans des fiches de préparation recueillies sur les sites des académies. Ils essaient de caractériser le type de problème posé dans chaque fiche, selon la classification de Hacking, et d'identifier ceux qui peuvent conduire à la mise en place d'une démarche hypothético-déductive.</p>	<p>Questionnaire « problèmes et démarches » (individuel)</p>
---	--	--

## Chapitre 2

Journée 2 - Objectifs	Activité des stagiaires / Type de tâche	Données recueillies
Elaborer un scénario de démarche d'investigation s'appuyant sur une situation-problème qui, à la fois, tient compte des conceptions des élèves, et permet la mise en place d'une démarche hypothético-déductive par les élèves.	<p>➤ <i>Par groupes de 5 :</i></p> <p>Elaboration d'une séquence d'investigation : les stagiaires choisissent un thème du programme, un savoir particulier et élaborent un problème qui s'appuie sur les conceptions des élèves ET qui permet la mise en place d'une démarche hypothético-déductive.</p>	Enregistrement audio

Période de 6 mois - Objectifs	Activité des stagiaires / Type de tâche	Données recueillies
Mise en place en classe de la séquence élaborée au cours de la deuxième journée.		Enregistrement vidéo

Journée 3 - Objectifs	Activité des stagiaires / Type de tâche	Données recueillies
Retour sur les expériences de mise en pratique de la séquence élaborée au cours de la deuxième journée.	<p>➤ <i>En grand groupe :</i> discussion des enseignants autour d'une séance filmée.</p>	Questionnaire final (individuel)

### 2.3. Méthodologie de recueil et d'analyse des données

Au cours de la formation, nous avons recueilli différents types de données auprès des enseignants, afin de suivre l'évolution de leur appropriation des savoirs théoriques et savoir-faire abordés au cours de la première séance. Il est important de préciser que le cadre de la formation, avec toutes ses contraintes, notamment celle de temps (12 heures seulement), a limité les possibilités de recueil de données, et par conséquent les résultats que nous aurions pu obtenir. Il a fallu intégrer nos recueils de données dans la formation sans que ces derniers ne perturbent trop profondément nos objectifs de formation.

Nous avons pu recueillir plusieurs types de données – questionnaires et enregistrements audio – afin de répondre à nos différentes questions de recherche. Nous avons distribué quatre questionnaires (voir annexes) aux enseignants au cours de la formation. Ces quatre questionnaires étaient anonymes, afin que les enseignants puissent s'exprimer le plus librement possible. La deuxième séance consacrée à l'élaboration d'une séquence d'investigation, a permis de recueillir quatre enregistrements audio des discussions des enseignants répartis par groupes de cinq.

Dans les tableaux ci-dessous, nous commençons par rappeler les principales caractéristiques des données que nous avons recueillies : questionnaires et enregistrements audio de la deuxième séance.

**Tableau 6 : les questionnaires**

	Questionnaire initial	Questionnaire « conceptions »	Questionnaire « problèmes et démarches »	Questionnaire final
Tâches	Six questions ouvertes sur la perception de la démarche d'investigation, par les enseignants avant la formation	Interprétation, en termes de conceptions, de réponses d'élèves à un questionnaire didactique	Caractérisation de sept problèmes (issus des fiches de préparation) et détection de ceux qui peuvent mener à une démarche hypothético-déductive	Cinq questions ouvertes sur ce qui a marqué les enseignants au cours de la formation, et les modifications éventuelles de leurs pratiques

## Chapitre 2

Moments, modalités, durée...	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Début de la 1<sup>e</sup> séance</li> <li>– Anonyme</li> <li>– Individuel, n = 20</li> <li>– 30 minutes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1<sup>e</sup> séance, après les apports théoriques sur les conceptions</li> <li>– Anonyme</li> <li>– Individuel, n = 20</li> <li>– 30 minutes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 1<sup>e</sup> séance, après les apports théoriques sur les problèmes et les démarches</li> <li>– Anonyme</li> <li>– Individuel, n = 20</li> <li>– 30 minutes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Début de la 3<sup>e</sup> séance</li> <li>– Anonyme</li> <li>– Individuel, n = 15</li> <li>– 30 minutes</li> </ul>
------------------------------------	---	---	--	---

**Tableau 7 : les enregistrements audio (4 groupes de 5 enseignants)**

Tâche	Elaboration d'un scénario d'enseignement
Moments, modalités, durée...	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 2<sup>e</sup> séance de formation</li> <li>– 4 enregistrements audio de la séance entière (4 × 2h30)</li> <li>– 4 transcriptions verbatim</li> </ul>

Nous traitons ces données par question de recherche, en allant chercher des éléments de réponse dans chaque corpus qui peut nous en fournir (voir tableau 11, p. 95).

1<sup>e</sup> question de recherche : « Comment ont évolué, au cours de la formation, l'appropriation, par les enseignants, de la notion de conception et la prise en compte des conceptions des élèves ? »

✓ *Les enseignants parlent-ils des idées des élèves ? En quels termes ? En quel sens ?*

Le questionnaire initial nous fournit des informations sur la place que les enseignants donnent aux idées des élèves dans une démarche d'investigation, au début de la formation. Aucune question ne porte directement sur les idées des élèves. Mais nous sommes attentive aux références spontanées des enseignants à ces idées. Elles peuvent apparaître à toutes les étapes du questionnaire : lorsqu'ils décrivent ce qui leur paraît nouveau dans cette démarche, lorsqu'ils listent les différentes étapes d'une démarche d'investigation, lorsqu'ils en évoquent les aspects positifs, lorsqu'ils décrivent une séquence qu'ils ont mise en place, lorsqu'ils font part des difficultés rencontrées en classe, ou encore, lorsqu'ils expriment leurs attentes quant à la formation.

Les transcriptions des enregistrements réalisés au cours de la deuxième séance nous apportent de nouvelles informations. Après les apports théoriques de la première séance, nous pouvons observer la façon dont les enseignants font désormais référence aux idées des élèves.

Enfin, le questionnaire final a été distribué en début de troisième séance, afin que les enseignants puissent s'exprimer personnellement sur leur expérience de la formation et de la mise



en place d'une ou plusieurs démarches d'investigation dans leurs classes, sans subir l'influence des discussions qui portent, dans la suite de la séance, sur la séquence filmée. Comme le questionnaire initial, il ne vise pas particulièrement à faire s'exprimer les enseignants sur les idées des élèves. Cependant, à travers leurs réponses aux questions sur l'intérêt de la formation, d'éventuelles modifications de leurs pratiques, ou encore d'éventuelles mises en place de séquences d'investigation depuis la deuxième séance, nous pouvons relever des références spontanées aux idées des élèves. Nous pouvons savoir si cet aspect les a particulièrement marqués, et analyser la façon dont les idées des élèves sont évoquées en fin de formation.

- ✓ *Les enseignants font-ils référence au dépassement d'obstacles cognitifs lorsqu'ils s'expriment sur les objectifs d'une démarche d'investigation ? Si oui, comment ?*

Comme pour les conceptions, le questionnaire initial ne vise pas à faire s'exprimer les enseignants sur le dépassement d'obstacles cognitifs. Cependant, ces derniers peuvent spontanément y faire référence, et ce, à toutes les étapes du questionnaire. Nous serons attentive à l'importance qu'ils donnent au dépassement d'obstacles cognitifs dans leurs descriptions de la démarche d'investigation.

Les transcriptions des échanges au cours de la séance de travail permettent de savoir comment les enseignants font référence à la prise en compte des conceptions après les apports théoriques de la première séance de formation.

Enfin, des références spontanées au dépassement d'obstacles cognitifs peuvent également apparaître dans le questionnaire final, bien que celui-ci ne contienne aucune question à ce sujet. Il permet cependant de savoir si cette notion a particulièrement marqué les enseignants, s'ils ont modifié leurs pratiques en ce sens, et s'ils ont éventuellement rencontré des difficultés liées au dépassement d'obstacles cognitifs, au cours de la mise en œuvre de leurs séquences.

- ✓ *Repèrent-ils des similitudes dans les réponses des élèves lorsque celles-ci sont incorrectes ? Si ces similitudes ont été relevées, comment les interprètent-ils ? Repèrent-ils un modèle de raisonnement, qui pourra être explicatif et prédictif pour leurs futures lectures de productions d'élèves ?*

Le questionnaire « conceptions » a été conçu dans le but de répondre à ces questions. Il s'agit d'analyser la façon dont les enseignants s'approprient l'un des savoir-faire liés aux conceptions des

élèves : le repérage de similitudes dans des réponses d'élèves et leur interprétation en termes de conceptions.

Nous rappelons maintenant les principaux résultats des recherches en didactique qui ont porté sur les conceptions des élèves au sujet des transformations chimiques, au niveau de la fin du collège et du lycée. Nous présentons également les possibles manifestations de ces conceptions dans diverses situations. Les réponses erronées des élèves au questionnaire didactique que nous présentons aux enseignants peuvent être interprétées à l'aide des conceptions caractérisées par ces travaux.

- D'après une étude de Stavridou & Solomonidou (1989), une grande partie des élèves considèrent qu'il y a transformation de matière (physique ou chimique) si le changement est apparent, perçu par nos sens. Pour ce qui nous intéresse ici, les élèves s'accorderaient donc à dire qu'une transformation chimique a eu lieu s'ils observent un changement de couleur, formation de bulles, variation des quantités ou des volumes des substances chimiques en présence, etc.
- Dans le cadre d'une recherche sur les conceptions des élèves sur les combustions, Méheut (1981) a montré que les explications de certains élèves de 6<sup>e</sup> quant à la diminution du combustible comportaient des références à la permanence des substances en jeu. En ce qui concerne les transformations chimiques faisant intervenir des réactifs dans des états physiques différents, Gauchon & Méheut (2007) ont également mis en évidence que certains élèves interprétaient la disparition du réactif solide en termes de transformations physiques.
- Brosnan (1990) a décrit un aspect de conception de type agent / patient : lorsque deux réactifs sont en présence, l'un agit et ne se transforme pas, l'autre subit et seule sa disparition totale marque l'arrêt de la transformation, quelles que soient les quantités des deux réactifs en jeu. Certains composés chimiques se voient ainsi attribuer des qualités intrinsèques, par les élèves : l'acide attaque, ronge, le métal fond, etc. (Hatzinikita *et al.*, 2005). La mobilisation de cette conception est fortement favorisée dans les situations où l'un des réactifs est solide et l'autre liquide (ex : craie ou métal + solution d'acide chlorhydrique ; fer + solution de sulfate de cuivre ; etc.) (Gauchon & Méheut, 2007). Les élèves ne raisonnent donc pas avec la notion de réactif limitant. Solomonidou & Stavridou (1994) mettent également en avant l'idée de destruction de matière, aussi bien chez de jeunes élèves de 11-12 ans avant enseignement, que chez des élèves en fin d'études secondaires, pour qui la loi de la conservation de la matière est censée être acquise.

## Chapitre 2

Le questionnaire didactique que nous avons choisi a été utilisé dans le cadre d'une étude des représentations des élèves, en fin de 3<sup>e</sup> (Méheut, communication privée). Il s'agissait d'étudier des représentations des élèves en fin d'année scolaire quant à une transformation chimique entre du zinc et une solution d'acide chlorhydrique, après qu'il ait été abordée pendant l'année la réaction entre du fer solide et de l'acide chlorhydrique. Les objectifs de connaissances et de compétences décrits par les programmes (M.E.N., programmes de 3<sup>e</sup>, 1998), relatifs aux réactions entre un métal et une solution acide, étaient :

Exemples d'activités	Contenus-notions	Compétences
- Réactions chimiques de l'acide chlorhydrique avec le fer et le zinc, mise en évidence des produits de réaction.	Réactions chimiques de certains métaux avec des solutions acides ou basiques.	Réaliser une réaction entre un métal et une solution acide et reconnaître un dégagement de dihydrogène.  Mettre en œuvre des critères pour reconnaître une réaction chimique. Distinguer réactifs et produits.

Pour sonder les représentations des élèves, la transformation chimique entre une plaque de zinc et une solution d'acide chlorhydrique a été choisie pour sa correspondance avec les réactions proposées par les programmes. Quatre questions ont été posées à l'échantillon d'élèves. Elles portaient sur différents aspects de l'évolution de cette transformation chimique :

- l'amincissement de la lame de zinc,
- la formation de dihydrogène,
- l'évolution de la quantité d'acide,
- l'arrêt de la transformation.

Nous avons retenu les questionnaires de six élèves, dont les réponses nous paraissaient être des manifestations particulièrement représentatives des conceptions présentées plus haut.

Nous avons découpé les réponses des enseignants en unités de signification, dans le sens proposé par Bardin (1977, p. 135). Chaque unité de signification correspond à une tentative d'interprétation, par l'enseignant, des réponses des élèves en termes de conceptions ou de raisonnements sous-jacents.

Nous cherchons à mesurer la capacité d'interprétation des réponses des élèves par les enseignants. Pour cela, nous avons défini quatre niveaux d'interprétation, présentés dans le tableau suivant.

**Tableau 8 : niveaux d'interprétation des réponses des élèves**

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 0
L'élément de réponse de l'enseignant porte sur les lacunes ou les incompréhensions de l'élève quant au concept qui lui aurait permis de répondre correctement.	L'élément de réponse de l'enseignant montre un repérage de similitudes pertinentes dans les réponses des élèves. Ces dernières sont citées ou paraphrasées, mais pas interprétées.	Les enseignants ont repéré, à partir des similitudes dans les réponses des élèves, une tendance de raisonnement sous-jacente.	Autres

Les unités de signification correspondent, pour la plupart, au découpage de la réponse, réalisé par l'enseignant lui-même, en phrases ou éléments d'une liste. Dans la même phrase d'un enseignant, ou un même élément d'une liste, on peut cependant trouver deux unités de signification distinctes, correspondant à deux niveaux d'interprétation, distincts ou non.

Voici par exemple, l'intégralité de la réponse de P'16 :

P'16 :

- Lors d'une réaction chimique, il y a un acteur et un autre qui subit : HCl « agit » et Zn « subit » ici. HCl agit mais il n'est en rien changé car rien ne se passe visuellement (pas de changement de couleur ni de volume)
- Aspect « magique » : des choses disparaissent et d'autres apparaissent mais entre les deux, on ne sait pas ce qui se passe. D'où l'emploi du vocabulaire tel que « fondre », « dissoudre », « évapore », « ronge » (vocabulaire qui devrait être acquis depuis la 5<sup>e</sup>)
- « Les » produits et « les » réactifs sont deux choses distinctes, sans relation

La première ligne de la liste de P'16 est composée de deux phrases, qui véhiculent chacune une idée. Dans la première phrase (« Lors d'une réaction chimique, il y a un acteur et un autre qui subit : HCl « agit » et Zn « subit » ici. »), on trouve l'idée que les réactifs ont des rôles dissymétriques : l'un est agent, l'autre patient. Tandis que dans la deuxième phrase (« HCl agit mais il n'est en rien changé car rien ne se passe visuellement (pas de changement de couleur ni de volume) »), P'16 fait référence, au fait que les élèves considèrent que la matière est transformée seulement si cette transformation est visible, perceptible par leurs sens. Nous avons donc ici deux unités de signification distinctes, correspondant au niveau 3.

Il se peut également que deux phrases ou éléments de liste, appartenant à la réponse d'un même enseignant, recouvrent le même sens. Nous regrouperons alors ces deux éléments de réponse

sous la même unité de signification. Cette unité de signification, ainsi constituée de deux éléments de réponse, peut alors être catégorisée dans l'un des quatre niveaux d'interprétation.

P'20 présente ses interprétations des réponses des élèves sous la forme d'une liste, dans laquelle on trouve :

- Un produit qui « agit » et un autre qui « subit »
- Transformation chimique : il y a un acteur qui reste intact et un autre qui subit et disparaît

Ces deux éléments de la liste de P'20 véhiculent la même idée et correspondent au même niveau d'interprétation : le niveau 3.

### *Définition des niveaux d'interprétation*

Les niveaux d'interprétation 2 et 3 ont été définis *a priori*. En effet, nous cherchons à savoir si les enseignants repèrent des similitudes dans des réponses d'élèves et s'ils reconnaissent, à partir de ces similitudes, une conception qui leur permette par la suite de prévoir et interpréter d'autres réponses d'élèves, découlant de la même conception.

Le niveau 2 correspond à ce repérage de similitudes. Les réponses sont citées ou paraphrasées, l'enseignant ne les interprète pas en termes de conceptions. La réponse de P'10 permet d'illustrer ce niveau d'interprétation.

P'10 : L'acide « ronge », « attaque », sa quantité ne diminue pas → il est « fort ».

Le niveau 3 est un niveau d'interprétation supérieur : non seulement des similitudes pertinentes ont été repérées dans les réponses des élèves, mais l'enseignant en tire également un modèle intégrateur, qui met en valeur la cohérence cachée entre les réponses erronées des élèves. Nous considérons qu'il s'agit d'interprétations plus générales lorsque les éléments particuliers à la réaction chimique proposée dans le questionnaire didactique (zinc, acide chlorhydrique, etc.) ne sont pas évoqués, ou alors seulement utilisés à titre d'illustration de la conception présentée par l'enseignant. Les réponses de P'15 et P'16 correspondent au niveau 3.

P'15 : un réactif solide qui disparaît se dissout forcément.

P'16 : lors d'une réaction chimique, il y a un acteur et un autre qui subit : HCl « agit » et Zn « subit » ici.

Nous avons défini le niveau 1 de manière inductive, à partir de la lecture des réponses des enseignants. Il nous est apparu qu'un grand nombre d'éléments de réponses faisaient référence aux concepts que les élèves étaient supposés maîtriser pour répondre correctement au questionnaire didactique. Ces enseignants ont donc pointé les lacunes ou incompréhensions des élèves quant à ces concepts. En procédant ainsi, ils ne considèrent les réponses des élèves que de manière négative, en termes de lacunes et non dans la perspective de faire émerger les raisonnements sous-jacents.

Enfin, le niveau 0 correspond aux réponses que nous n'avons pas pu intégrer aux autres niveaux, principalement parce que leur formulation était ambiguë, ou trop vague.

### ✓ *Comment les enseignants caractérisent-ils des problèmes ?*

Le questionnaire « problèmes et démarches » a été conçu pour répondre à cette question. Il permet de savoir dans quelle mesure les enseignants se sont approprié les apports théoriques, et comment ils les traduisent en ce savoir-faire présenté plus haut : la caractérisation de problèmes. Nous observerons donc la façon dont les enseignants caractérisent les sept problèmes issus des fiches de préparation. Le tableau suivant (tableau 9) présente les énoncés de problèmes présentés aux enseignants, ainsi que l'item des programmes correspondant, et le code de la fiche de préparation.

**Tableau 9 : énoncés des sept problèmes, issus des fiches de préparation, présentés aux enseignants**

Item des programmes	Fiches	Enoncés des problèmes
Loi d'Ohm	F5.3	<p>Bill est venu donner un coup de main à Max pour l'aider à résoudre son problème.</p> <p>Max : – Zut, Zut et Zut !!!!!</p> <p>Bill : – Mais que ce passe-t-il ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- J'ai besoin pour mon projet de fusée électronique d'avoir une intensité de 20 mA !</li> <li>- Et tu as combien ?</li> <li>- Ben regarde mon ampèremètre, il indique <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">010</span> et le calibre est sur 2A.</li> <li>- Alors tu as 10 mA dans ton circuit et tu voudrais qu'il y ait 20 mA.</li> <li>- Tu as tout compris !!!</li> <li>- La solution me paraît évidente! Si tu as 10 mA avec une pile de 4,5V alors tu auras 20 mA avec une pile de 9V !</li> <li>- Tu es certain de ça? Mon chat Moustache qui a 2 ans pèse déjà 5 kg. Tu crois qu'il pèsera 10 kg à 4 ans et 15 kg à 6 ans et ..... 50 kg à 20 ans !!!!! C'est affreux!!!!</li> </ul>

## Chapitre 2

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mais l'âge de ton chat et sa masse, ça marche pas pareil ! C'est pas propersonnel.</li> <li>- Propersonnel ? ça veut dire quoi?</li> <li>- Mais tu sais bien, on a vu ça en Math.</li> <li>- Ah oui ! Alors d'après toi, la tension aux bornes de la résistance et l'intensité qui la traverse sont .....euh..... propersonnelles ?</li> <li>- Ca me paraît évident.</li> <li>- Avant que je dépense de l'argent inutilement en achetant une pile de 9V, j'aimerais bien en être sûr... Mais comment le prouver ?????</li> </ul>
Lumière et vision	F2.4	Pourquoi 2 personnes de tailles différentes doivent-elles changer la position de leur rétroviseur ?
	F2.1	Le professeur montre un laser et pose la question : « Voici un laser. Je vais éclairer le plafond avec ce laser. Qu'allons-nous observer ? »
Ombres	F3.2	<p>M. Van Der Mouche est le nouveau directeur artistique du groupe « Génie Phare ». Pour la mise en scène du nouveau concert, il désire utiliser des jeux d'ombre et de lumière. N'étant pas un expert, il fait appel à vous pour répondre aux questions qu'il se pose.</p> <p><b><u>Le problème</u></b> : Qu'est ce qui peut faire changer la position, la forme et la couleur des ombres ?</p>
	F3.3	<p>Monsieur Martin a acheté un terrain pour y faire construire sa maison. Sur son terrain carré, il y a un très gros et très haut sapin dont les branches tombent jusqu'au sol et ne laissent pas passer la lumière. Le terrain est bordé par un mur, les trois autres côtés ne possèdent ni mur, ni clôture. Juste au coin de son terrain, il y a un réverbère qui s'allume la nuit. Source ponctuelle.</p> <p>Monsieur Martin a déjà fait le plan de sa maison, mais ne sait pas encore comment il va la placer sur son terrain. La seule chose qu'il sait, c'est qu'il ne veut pas que la fenêtre de sa chambre soit éclairée la nuit par le réverbère (il ne tient pas à mettre de volets car il aime être réveillé par la lumière du jour, mais ne souhaite pas être dérangé par la lumière du réverbère la nuit) et le jour, il veut une vue sur son sapin.</p> <p>Monsieur Martin demande à des architectes de l'aider. Il leur demande de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- compléter le plan du terrain en y ajoutant le tracé de la maison avec l'emplacement de la fenêtre (pour l'envoyer aux constructeurs)</li> <li>- De lui prouver qu'avec l'emplacement choisi, sa fenêtre ne sera pas éclairée par le réverbère.</li> </ul> <p>Vous êtes les architectes.</p>
Test de l'eau	F1.3	<i>Vous êtes journaliste à Science et vie junior, et vous venez de recevoir un fax de votre rédacteur en chef. A vous d'y répondre :</i>

		<p><b><u>F A X</u></b></p> <p>Reçu le : 11 septembre 2005</p> <p>De : Science et vie junior</p> <p>Un scoop pour toi ! Un chimiste du célèbre laboratoire du collège Robert Doisneau vient de trouver une poudre révolutionnaire : Le <b>sulfate de cuivre anhydre*</b>. Elle permet de détecter l'eau ! Il m'en a envoyé un échantillon, mais je l'ai égaré parmi d'autres flacons...</p> <p><b>Débrouille-toi pour retrouver le flacon de sulfate de cuivre anhydre* sur mon bureau !</b></p> <p>*<u>Anhydre</u> : sans eau.</p>
Changements d'état	F6.2	<p>« Pour garder mon pique-nique au frais, j'ai mis hier au congélateur une bouteille d'eau et voilà ce que j'ai obtenu ».</p> <p>On présente une bouteille en verre, remplie d'eau, fermée par un bouchon qui se visse qui a été placée au congélateur</p> <p>L'état de la bouteille est le suivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la bouteille est cassée</li> <li>- le bouchon est soulevé</li> <li>- de la glace a débordé</li> </ul>

La consigne donnée aux enseignants était la suivante :

« Voici sept problèmes proposés par des collègues dans des fiches mises à disposition sur différents sites académiques sous l'appellation « démarche d'investigation ». En vous référant au classement qui vous a été présenté, pouvez-vous identifier de quel type de problème il s'agit ? Parmi ces problèmes, quels sont ceux qui, selon vous, peuvent conduire à la mise en place d'une démarche hypothético-déductive par les élèves ? Justifiez votre réponse. »

Les questionnaires recueillis ont révélé un taux de non réponses à la question portant sur les démarches hypothético-déductives très élevé. Cela est très probablement dû à la formulation de la consigne. En effet, il était demandé aux enseignants : « Parmi ces problèmes, quels sont ceux qui, selon vous, peuvent conduire à la mise en place d'une démarche hypothético-déductive ? » Une absence de réponse de la part des enseignants pourrait avoir ici plusieurs significations : l'enseignant a voulu signifier que tel problème ne faisait pas partie de ceux qui peuvent mener à ce type de démarches, ou il ne sait pas répondre, ou encore il n'en a pas eu le temps. Nous avons donc considéré que ces résultats n'étaient pas exploitables en l'état. Nous ne traitons, dans la suite de l'étude, que les réponses à la première partie de la question, soit « En vous référant au classement qui vous a été présenté, pouvez-vous identifier de quel type de problème il s'agit ? »

Comme cela est indiqué dans la consigne nous demandions donc aux enseignants de caractériser les problèmes selon la classification qui venait de leur être présentée : problèmes de type



« représentation » ou « intervention ». Plusieurs sous-catégories de problèmes ont permis de les illustrer. Nous les rappelons dans le tableau suivant.

**Tableau 10 : différents types de problèmes selon la classification de Hacking**

Représentation	Intervention
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etude d'un phénomène</li> <li>• Interprétation d'un phénomène</li> <li>• Elaboration d'une loi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en œuvre d'un test</li> <li>• Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait</li> </ul>

Nous présentons maintenant les caractérisations des sept problèmes présentés aux enseignants.

### *F5.3 : Loi d'Ohm*

Le problème posé dans cette fiche est présenté de la façon suivante : deux élèves dialoguent et cherchent à doubler l'intensité du courant traversant un circuit série constitué d'une pile et d'un conducteur ohmique. L'un affirme qu'il suffit de doubler la tension fournie par la pile car la tension aux bornes de la résistance et l'intensité qui la traverse seraient proportionnelles ; l'autre souhaite vérifier par lui-même cette affirmation. La formulation du problème suggère aux élèves de s'identifier au personnage qui souhaite vérifier expérimentalement la relation de proportionnalité. Il s'agit donc pour les élèves d'établir la loi qui décrit la relation entre la tension aux bornes d'un résistor (d'une résistance donnée), et l'intensité qui la traverse. Les élèves doivent donc décrire un phénomène, en vue d'établir une loi.

### *F2.4 : Lumière et vision*

La formulation du problème s'appuie sur une situation de la vie courante : le réglage des rétroviseurs en fonction de la taille d'une personne. Il s'agit, pour les élèves, de donner les raisons de ce réglage, d'expliquer pourquoi il est nécessaire. Ce problème a donc pour objectif l'interprétation d'un phénomène.

### *F2.1 : Lumière et vision*

La situation présentée par l'enseignant est tout à fait classique et utilise du matériel scolaire. Le problème tel qu'il est posé vise la formulation de prévisions par les élèves. Ces derniers doivent décrire ce qu'ils observeraient si l'enseignant éclairait le plafond avec le laser. Il s'agit donc ici d'étudier les paramètres dont dépend le phénomène observé.

### *F3.2 : Ombres*

Le problème posé s'appuie sur une situation de la vie courante (la création de jeux d'ombre et de lumière pour un concert) : « Qu'est-ce qui peut faire changer la position, la forme et la couleur des ombres ? » L'objectif est ici d'étudier un phénomène, ses conditions d'apparition et les variables dont il dépend.

### *F3.3 : Ombres*

Dans cette fiche, le problème s'inscrit dans une situation de la vie courante : le choix de l'emplacement d'une maison sur un terrain, répondant à certaines conditions. L'énoncé du problème présente aux élèves un certain nombre de conditions que les élèves doivent respecter pour aboutir à l'effet demandé. Nous pouvons dire qu'il s'agit d'un problème de type « intervention ». Cependant, sa résolution peut également comporter une part de « représentation » de la situation, à travers l'étude des phénomènes en jeu : la propagation rectiligne de la lumière, la création de zones d'ombres. Les élèves peuvent, en effet, commencer par décrire la position des ombres sur le terrain, pour positionner plus efficacement la maison sur le terrain, selon les critères imposés.

### *F1.3 : Test de l'eau*

Il s'agit pour les élèves de retrouver un flacon de sulfate de cuivre anhydre égaré parmi d'autres flacons de poudres blanches. On dit aux élèves que le sulfate de cuivre a la capacité de détecter l'eau. Les élèves doivent donc mettre en œuvre un test afin de retrouver le sulfate de cuivre anhydre.

### *F6.2 : Changements d'état*

Le problème s'inscrit dans une situation de la vie courante : une bouteille en verre remplie d'eau s'est cassée après quelques heures passées au congélateur. On montre aux élèves cette bouteille et on leur demande de se poser des questions. Tel qu'il est posé, le problème peut avoir pour finalité l'étude d'un phénomène, voire une interprétation de phénomène. En effet, il s'agit, pour les élèves, de faire le lien entre l'augmentation du volume d'eau lors de sa solidification et la bouteille cassée.

- ✓ *Comment les enseignants réalisent-ils le choix de l'item du programme qui sera l'objet de leur séquence d'investigation ? L'existence de conceptions associées entre-t-elle en ligne de compte ?*

Pour élaborer un scénario d'enseignement pour une démarche d'investigation, les enseignants doivent être capables de prendre en compte les conceptions des élèves. Cependant, tous les objectifs de connaissance fixés par les programmes ne se prêtent pas à une déstabilisation de conceptions. Nous avons donc souhaité savoir comment les enseignants s'y prenaient pour choisir un objectif de connaissance pour une séquence qu'ils qualifient d'« investigation ».

Les transcriptions de la deuxième séance de formation, consacrée à l'élaboration commune d'une séquence d'investigation, apportent des éléments de réponse à ces questions. Les discussions au sein de chacun des quatre groupes d'enseignants nous renseignent sur les critères de choix de l'item auquel sera consacrée la séquence. Nous serons attentive à la place que tiennent les conceptions des élèves au cours de cette phase d'élaboration de la situation-problème.

- ✓ *Lorsqu'ils élaborent une situation-problème, le problème que les enseignants prévoient de poser aux élèves permet-il le dépassement d'obstacles cognitifs ? Si oui, comment est-il créé ? De quel type de conflit s'agit-il (cognitif / sociocognitif) ?*

Grâce aux transcriptions des enregistrements de la deuxième séance de formation, nous pouvons observer la façon dont les enseignants se sont approprié le savoir-faire consistant en la formulation d'un problème permettant la création d'un conflit cognitif. La formulation du problème pouvant évoluer au cours des discussions au sein de chaque groupe, nous serons attentive aux raisons qui infléchissent les choix des enseignants, pour arriver à la formulation finale du problème. Nous pouvons également avoir accès à des informations plus précises, telles que la stratégie que comptent mettre en place les enseignants pour créer le conflit. Nous pouvons également savoir quel type de conflit est créé : cognitif et/ou sociocognitif.

2<sup>e</sup> question de recherche : « Comment ont évolué l'appropriation et la mobilisation, par les enseignants, de la notion de démarche hypothético-déductive ? »

- ✓ *Dans les démarches proposées par les enseignants, y a-t-il une phase de formulation d'hypothèses ? Ou s'agit-il plutôt de prévisions ? Si oui, doivent-elles être argumentées ? La démarche hypothético-déductive est-elle considérée dans son intégralité par les enseignants ? En d'autres termes : lorsqu'il y a une phase de formulation d'hypothèses, est-elle assortie d'une phase de test d'hypothèses ?*

Nous pouvons savoir, avant le début de la formation, si les enseignants considèrent la formulation d'hypothèses comme une caractéristique essentielle de la démarche d'investigation. En effet, le questionnaire initial ne pose pas directement de questions sur la formulation d'hypothèses. Cependant, les enseignants peuvent spontanément y faire référence à toutes les étapes du questionnaire. Nous chercherons à savoir s'ils considèrent que la formulation d'hypothèses par les élèves est une étape constitutive de la démarche d'investigation, et nous relèverons les éventuelles descriptions qu'ils font de cette étape. Lorsque cela est possible, nous chercherons d'éventuelles confusions avec une formulation de prévisions. Ou encore si l'enseignant a prévu une formulation de prévisions, plutôt qu'une formulation d'hypothèses, et si ces prévisions doivent être argumentées. De plus, lorsqu'il est demandé aux enseignants de présenter les étapes caractéristiques d'une démarche d'investigation (question 2), nous pouvons observer si la démarche hypothético-déductive est considérée dans son intégralité, c'est-à-dire si un test d'hypothèses est associé à la formulation d'hypothèses. Nous pouvons également obtenir des informations lorsque les enseignants décrivent une séquence d'investigation mise en place avant la formation (question 4). Nous pouvons donc avoir une première idée, avant tout apport théorique, du type de démarche que les enseignants associent à la démarche d'investigation.

Les transcriptions des quatre enregistrements de la deuxième séance nous donnent accès à l'appropriation des apports théoriques de la première séance. Les discussions des enseignants nous informent sur leurs intentions quant à la démarche qu'ils comptent mettre en place. Nous serons attentive aux termes utilisés pour parler d'hypothèses ou de prévisions.

Comme pour le questionnaire initial, le questionnaire final ne pose pas directement de questions sur la phase de formulation d'hypothèses. Cependant, nous relèverons et analyserons les éventuelles références spontanées des enseignants afin de savoir comment leur appréhension de cette étape a évolué depuis le début de la formation : les apports théoriques sur les hypothèses les ont-ils particulièrement marqués ? Rencontrent-ils encore des difficultés pour la compréhension de cette étape ?

- ✓ *Lorsqu'ils élaborent une situation-problème, le problème que les enseignants prévoient de poser aux élèves permet-il la mise en place d'une démarche hypothético-déductive ?*

La question 4 du questionnaire initial permet de savoir si les problèmes que les enseignants ont posés à leurs élèves au cours d'une séquence d'investigation, avant la formation, permettent la mise en place d'une démarche hypothético-déductive. Lorsque les enseignants détaillent suffisamment la

réponse à cette question, nous pouvons donc être informée de l'appropriation de ce savoir-faire avant la formation.

Les transcriptions de la deuxième séance nous permettent de savoir dans quelle mesure les enseignants savent élaborer un problème permettant la mise en place d'une démarche hypothético-déductive, au cours de leur travail d'élaboration d'une séquence d'investigation. Nous pouvons donc faire le point, après les apports de la première séance, sur l'acquisition et la mobilisation de ce savoir-faire. Nous serons attentive à la formulation du problème par chaque groupe, ainsi qu'aux critères qui ont guidé leurs choix tout au long de la deuxième séance.

3<sup>e</sup> question de recherche : « *Quels autres aspects de la démarche d'investigation ont attiré l'attention des enseignants ?* »

En dehors de nos objectifs de formation, nous serons attentive aux éléments de la démarche d'investigation qui ont particulièrement marqué les enseignants. Le questionnaire initial permet d'obtenir des éléments de réponse à cette question, avant tout apport théorique. Nous nous pencherons notamment sur les questions 1 et 3 du questionnaire, pour lesquelles les enseignants décrivent ce qui est nouveau et positif, selon eux, dans cette méthode d'enseignement.

Le questionnaire final est l'occasion de faire le point sur ce qui a marqué les enseignants au cours de la formation, après les apports théoriques de la première séance, une élaboration commune d'une séquence d'investigation, et la mise en place dans leur classe de cette séquence. A travers toutes les questions du questionnaire final, nous obtenons donc des informations sur ce qui a paru utile et intéressant aux enseignants, et ce qui a éventuellement modifié leurs pratiques. Il s'agira donc de suivre l'évolution des éléments jugés importants en début et en fin de formation.

4<sup>e</sup> question de recherche : « *Quels obstacles les enseignants voient-ils à la mise en œuvre d'une démarche d'investigation ?* »

Plusieurs données permettent de savoir ce qui freine les enseignants dans la mise en place de séquences d'investigation : le questionnaire initial, les transcriptions et le questionnaire final.

La question 5 du questionnaire initial permet de connaître les difficultés rencontrées par les enseignants lors de la mise en place de séquences d'investigation, avant le début de la formation.

Les transcriptions de la deuxième séance, consacrée à l'élaboration d'une séquence d'investigation, donnent accès aux questions pratiques que se posent les enseignants lorsqu'ils se

projetent dans la classe. Ils explicitent, dans ces discussions, certaines contraintes qui pourraient venir modifier leurs intentions initiales.

Enfin, à travers leurs réponses à la question 5 du questionnaire final, les enseignants expriment les difficultés qui persistent en fin de formation, après la mise en place de la séquence d'investigation élaborée au cours de la deuxième séance de formation.

**Tableau 11 : questions de recherche et types de données**

<i>Questions de recherche</i>	<b>Savoirs correspondants</b> (ST : savoirs théoriques SF : savoir-faire)	<b>Sous-questions de recherche</b>	<b>Type de données</b>
<u>1<sup>e</sup> question de recherche :</u>  <i>Comment ont évolué, au cours de la formation, l'appropriation, par les enseignants, de la notion de conception, et la prise en compte des conceptions des élèves ?</i>	<b>ST</b> : notion de conception	Les enseignants parlent-ils des idées des élèves ? En quels termes ? En quel sens ?	Q. initial Transcriptions Q final
	<b>ST</b> : notion de conflit cognitif	Les enseignants font-ils référence au conflit cognitif lorsqu'ils s'expriment sur les objectifs d'une démarche d'investigation ? Si oui, quel sens ces références recouvrent-elles ?	
	<b>SF</b> : repérage de conceptions à partir de productions d'élèves	Repèrent-ils des similitudes dans les réponses des élèves lorsque celles-ci sont incorrectes ? Si ces similitudes ont été relevées, comment les interprètent-ils ? Font-ils émerger un modèle de raisonnement, qui pourra être explicatif et prédictif pour leurs futures lectures de productions d'élèves ?	Q. « conceptions »
	<b>SF</b> : choix d'un objectif de connaissances qui peut être atteint par un dépassement d'obstacles cognitif	Comment les enseignants réalisent-ils le choix de l'item du programme qui sera l'objet de leur séquence d'investigation ? L'existence de conceptions associées entre-t-elle en ligne de compte ?	Transcriptions
	<b>SF</b> : caractérisation de problèmes	Comment les enseignants caractérisent-ils des problèmes ?	Q. « problèmes et démarches »
<u>2<sup>e</sup> question de recherche :</u>  <i>Comment ont évolué, au cours de la formation</i>	<b>SF</b> : formulation d'un problème favorable à la création d'un conflit cognitif	Lorsqu'ils élaborent une situation-problème, le problème que les enseignants prévoient de poser aux élèves permet-il la création d'un conflit cognitif ? Si oui, comment est-il créé ? De quel type de conflit s'agit-il (cognitif / sociocognitif) ?	Q. initial Transcriptions
	<b>ST</b> : démarche d'investigation et démarche hypothético-déductive	Dans les démarches d'investigation évoquées par les enseignants, y a-t-il une phase de formulation d'hypothèses ? Ou s'agit-il plutôt de prévisions ? Si oui, doivent-elles être argumentées ? La démarche hypothético-déductive est-elle considérée dans son intégralité par les enseignants ? En d'autres termes : lorsqu'il y a une phase de formulation d'hypothèses, est-elle assortie d'une phase de test d'hypothèses ?	Q. initial Transcriptions Q. final

## Chapitre 2

<i>l'appropriation et la mobilisation, par les enseignants, de la notion de démarche hypothético-déductive ?</i>	<b>SF</b> : formulation de problèmes menant à des démarches hypothético-déductive	Lorsqu'ils élaborent une situation-problème, le problème que les enseignants prévoient de poser aux élèves permet-il la mise en place d'une démarche hypothético-déductive ?	Q. initial Transcriptions
<u>3<sup>e</sup> question de recherche</u> : <i>Quels autres aspects de la démarche d'investigation ont attiré l'attention des enseignants ?</i>			Q. initial Q. final
<u>4<sup>e</sup> question de recherche</u> : <i>Quels obstacles les enseignants voient-ils à la mise en œuvre d'une démarche d'investigation ?</i>			Q. initial Transcriptions Q. final



## 2.4. Résultats

### 2.4.1. 1<sup>e</sup> question de recherche : « Comment ont évolué, au cours de la formation, l'appropriation, par les enseignants, de la notion de conception et la prise en compte des conceptions des élèves ? »

#### 2.4.1.1. *Savoirs*

##### 2.4.1.1.1. La notion de conception

Le questionnaire initial nous permet de savoir, avant le début de la formation, si les enseignants évoquent la prise en compte des idées des élèves comme un des principes de la démarche d'investigation. Et si oui, nous sommes attentive à la façon dont les enseignants s'expriment sur ces « idées », afin d'en faire ressortir les significations sous-jacentes.

Les idées des élèves sont évoquées par quatre enseignants, en réponse aux questions 1, 2 et 3. Le vocabulaire employé est différent selon les enseignants et semble recouvrir des significations diverses. On trouve :

**Tableau 12 : réponses des enseignants relatives aux « idées » des élèves, dans le questionnaire initial**

Q1 : <i>Qu'est-ce qui vous semble nouveau, important dans la démarche d'investigation telle qu'elle est préconisée dans les programmes de collège ?</i>	P'1 : [La démarche d'investigation] met en évidence la nécessité d'une « confrontation » entre <b>l'idée qu'on peut se faire de la réponse à une question</b> et la réalité (pratique).
Q2 : <i>Quelles sont les étapes qui caractérisent, selon vous, ce type de démarche ?</i>	P'11 : Elèves proposent des solutions → émergence <b>conceptions / représentations</b> que l'enseignant peut identifier
Q3 : <i>Quels sont les points positifs de cette démarche ?</i>	P'1 : Confrontation entre <b>schéma intellectuel</b> et réalité P'15 : Les élèves ont l'impression de réaliser leur propre expérience et lorsqu'elle s'avère ne pas fonctionner, cela permet de « casser » leurs <b>conceptions</b> P'16 : Les faire se rendre compte de leurs <b>erreurs (conceptions)</b>

Le contexte dans lequel ce vocabulaire est employé permet de préciser le sens que met chaque enseignant derrière les « idées des élèves ». P'1 dans sa réponse à la question 1, et P'16 semblent confondre conceptions avec réponses d'élèves. P'1 considère toute réponse possible, que pourraient donner les élèves, et ne précise pas si cette réponse est correcte ou non. Il décrit une « confrontation » entre les réponses, quelles qu'elles soient, avec la « réalité ». Tandis que P'16 focalise sa réponse sur les erreurs des élèves.

Les autres réponses des enseignants (P'1 à la question Q1, P'11, P'15) semblent plus proches de la notion de conceptions telle qu'elle a été abordée à la première séance de formation. On y trouve l'idée que les réponses des élèves sont des manifestations de « schèmes de savoir ». Les réponses des élèves ne sont pas confondues avec leurs conceptions. P'11 marque bien la distinction entre ces deux idées : l'enseignant est chargé d'identifier les « conceptions / représentations » des élèves qui émergent à travers leurs « solutions ». P'1, dans la question 3, utilise un vocabulaire très proche de celui de Galili : « schéma intellectuel ». Enfin, P'15 emploie le mot « conceptions » dans le cadre d'un conflit cognitif. Selon lui, les conceptions des élèves sont « cassées » lorsque le résultat de leur expérience ne correspond pas à celui attendu.

La deuxième séance de formation est une séance consacrée à l'élaboration d'une séquence d'investigation par les enseignants répartis en quatre groupes de cinq. Les transcriptions des enregistrements des discussions au sein de chaque groupe de travail nous permettent de savoir si la façon dont les enseignants parlent des idées des élèves a évolué depuis les apports de la première séance de formation.

Pour identifier les quatre groupes de travail, nous leur avons attribué un code : G1, G2, G3, G4. Le tableau suivant présente les objectifs de connaissances choisis par chacun des groupes pour la séquence d'investigation.

**Tableau 13 : items choisis par les quatre groupes de travail**

<b>Groupes</b>	<b>Objectifs de connaissance choisis pour la séquence d'investigation</b>	<b>Niveaux</b>
G1	« La masse totale est conservée au cours d'une transformation chimique. »	4 <sup>e</sup>
G2	« Un volume donné de gaz possède une masse. »	4 <sup>e</sup>
G3	« La combustion du carbone produit du dioxyde de carbone. »	4 <sup>e</sup>
G4	« La masse totale se conserve au cours d'une dissolution. »	5 <sup>e</sup>

Du point de vue du vocabulaire, dans un premier temps, plusieurs expressions semblent être employées comme des synonymes de « conceptions ». On trouve de nombreuses occurrences du

mot « idée », utilisé seul (G1, G2), ou dans des déclinaisons composées : « idées préalables » (G2, G4), « idées fausses » (G1), « idées-obstacles » (G1).

**G1 :**

- Entre la première année d'enseignement et la deuxième, on se rend bien compte des endroits où les élèves ont une **idée**, [...] une représentation du phénomène qui va pas.
- C'est un peu ce que j'ai compris de ce stage et que j'avais peut-être pas très bien compris avant, c'est que la démarche d'investigation, ça part un peu d'une **idée fausse**.
- La semaine dernière, on a vu que dans les **idées un peu fausses**, les **idées-obstacles**, c'est que l'élève fait intervenir un seul réactif.

**G2 :**

- Je trouve que c'est ça qui est difficile dans le programme de 3<sup>e</sup>, c'est qu'il y a beaucoup de choses où ils ont pas d'**idées préalables**. Tu vois ? Le test de reconnaissance, ils pourraient peut-être faire quelque chose mais ils ont aucune **idée** là-dessus en fait.

Le terme « représentations » apparaît fréquemment (G1, G4). Le groupe 1 utilise également l'expression « représentations spontanées ».

**G1 :**

- Entre la première année d'enseignement et la deuxième, on se rend bien compte des endroits où les élèves ont une idée, [...] une **représentation** du phénomène qui va pas.

**G4 :**

- Oui mais ils sont toujours sous-jacents. On sait très bien que ces **représentations spontanées**, elles sont très prégnantes et elles ressortent.

« Perception » semble être utilisé dans le sens de conception dans le groupe 1.

**G1 :**

- Je vois pas trop une démarche d'investigation parce que je vois pas trop une **perception** pour eux qui serait contradictoire avec la réalité scientifique.

« Concepts » est également utilisé par le groupe 4, dans le sens de conceptions.

### **G4 :**

- Je suis assez d'accord pour identifier les **concepts** des élèves, pour se baser là-dessus, c'est-à-dire : démarrer sur ce que pensent les élèves pour pouvoir élaborer notre problème.

Enfin, le terme « conceptions » est le plus abondamment utilisé par les quatre groupes. Pour la plupart des cas, il est utilisé seul. Les groupes 1 et 2 le composent : « conception juste », « conceptions préalables », « mauvaise conception » (G1), et « conceptions initiales » (G2).

### **G1 :**

- C'est un peu ce que j'ai compris de ce stage et que j'avais peut-être pas très bien compris avant, c'est que la démarche d'investigation, ça part un peu d'une idée fausse.
- D'une **conception**.
- D'une perception, en tout cas, de l'élève, qui est pas la bonne mais qui est pour lui un peu évidente et que par l'expérience et par la réflexion, il doit réussir à revenir à une **conception juste**.

### **G2 :**

- Ben moi, je leur demande comment passer de l'eau boueuse à l'eau limpide. Mais y a pas vraiment de **conception** à faire ressortir.
- Donc on liste les **conceptions initiales**...

### **G3 :**

- La **conception**, c'est la flamme qui est considérée comme de la matière.

### **G4 :**

- On avait déjà quelques idées sur les **conceptions** des élèves qu'il faudrait casser.

Certains enseignants (G2, G4) avancent que les conceptions des élèves sont fortement liées aux perceptions des élèves quant aux phénomènes de la vie courante. La Fiche Connaissance sur l'air, distribuée au groupe 2 par la formatrice les conforte dans cette idée.

### **G2 : 25'**

- Le problème de l'air, c'est qu'on vit dedans. Donc la pression atmosphérique, pour les élèves, ça n'existe pas. Le fait que quelque chose appuie sur nous, ça n'est pas réel puisque on est dedans.

### **G2 : 40'**

- Les conceptions, c'est que l'air n'est pas pesant, ou alors que rajouter de l'air, ça pèse moins lourd.
- [...]
- Alors ça, je pensais pas !
- Moi non plus. Mais c'est vrai que c'est assez logique parce qu'ils ont déjà vu les ballons qu'on gonfle à l'hélium et hop ! Tu gonfles et le ballon s'envole !

### **G4 : 25'**

- « le sucre, il fond », on l'entend quand même quand quelqu'un prend un café le matin, et le sucre, il fond dans le café, on l'entend tout le temps.

Tous les groupes abordent donc la question des idées des élèves. De plus, l'emploi du vocabulaire lié aux idées des élèves, même s'il est très varié, semble se rapprocher, plus qu'au questionnaire initial, de l'idée d'une tendance de raisonnement, une représentation d'un phénomène, que l'enseignement est censé déstabiliser.

Aucune confusion entre « réponse » et « conception » n'a été relevée. On trouve même, chez certains enseignants, l'idée que les réponses des élèves sont des manifestations de leurs conceptions, modèle de raisonnement plus général. Un enseignant du groupe 1 précise même que ce modèle peut être ancré dans l'esprit des élèves, et se manifester dans de nouvelles situations.

### **G1 :**

- Oui mais ils sont toujours sous-jacents. On sait très bien que ces représentations spontanées, elles sont très prégnantes et elles ressortent.

Nous avons pu observer quelques désaccords au sein des groupes, quant à la compréhension de la notion de conceptions. Par exemple, au cours de la discussion du groupe 1, plusieurs points de vue s'affrontent sur la persistance ou non des conceptions à la suite d'un cours censé les déstabiliser. Certains pensent qu'une conception est définitivement déstabilisée et remplacée par la connaissance visée, qui devient alors opérationnelle, d'un cours à l'autre ou d'une année sur l'autre, tandis que d'autres considèrent qu'elle peut persister après un cours et se manifester dans de nouvelles situations de classe, au cours desquelles de nouvelles déstabilisations peuvent être nécessaires. Dans l'extrait suivant, les enseignants tentent de définir les prérequis et conceptions des élèves avant un cours sur la conservation de la masse totale lors d'une transformation chimique. Notons que dans la première intervention de l'extrait de la discussion du groupe 1, l'enseignant rappelle explicitement

les apports théoriques de la semaine précédente, et tente de les réinvestir dans cette séquence d'investigation.

### **G1 : 1h45'**

- [...] La semaine dernière, on a vu que dans les idées un peu fausses, les idées-obstacles, c'est que l'élève fait intervenir un seul réactif.
- Oui, mais comme avant ils ont fait le cours...
- Oui, normalement, ils sont censés ne plus avoir ce problème.
- Oui mais ils sont toujours sous-jacents. On sait très bien que ces représentations spontanées, elles sont très prégnantes et elles ressortent.

### **G4 : 15'**

- Alors... évaporation, c'est dans les mélanges homogènes et corps purs. On est dans le troisième chapitre de chimie. Donc... une eau limpide est-elle une eau pure ? Le problème est posé quelques chapitres avant. Normalement, eau limpide, eau pure, ils ont réglé ce problème-là. [...]
- Ouais. Mais ils ont quand même quelques conceptions. Ça n'empêche qu'au moment où on va prendre le sucre et le dissoudre dans l'eau, il va y avoir... [...]
- Voilà, ça passe toujours pas.
- Ben du coup, ça sera à prévoir dans les interventions des élèves. Ça nous empêche pas de remarteler ça encore une fois à ce moment-là, de le refaire et de se rebaser sur ces conceptions-là...

Au cours des discussions portant sur la recherche d'objectifs de connaissances, le groupe 3 (Combustions) aborde l'idée qu'une même conception peut se manifester de diverses manières, dans différentes situations proposées aux élèves. Après avoir identifié la conception selon laquelle le feu est considéré comme de la matière, ils se demandent comment la déstabiliser dans le cadre d'une démarche d'investigation. Pour cela, ils analysent la double fonction de la flamme et la difficulté que peut représenter ce double rôle dans la combustion pour les élèves. En effet, la flamme est non seulement une manifestation de l'apport d'énergie nécessaire pour amorcer la combustion, mais également de l'énergie produite pendant la transformation. Les discussions des enseignants au sein de ce groupe montrent qu'ils ont déjà repéré une manifestation de la matérialité du feu au cours d'interventions de leurs élèves, ou dans leurs productions écrites. En effet, ils ont déjà remarqué que leurs élèves faisaient apparaître la flamme dans la partie gauche de l'équation-bilan d'une combustion, lui conférant ainsi le statut de réactif, donc de matière.

### **G3 : 30'**

- J'ai des élèves qui m'ont demandé : « mais on a du dioxygène dans la pièce, on a du carbone, et pourquoi ça brûle pas ? » Alors tu sors tout un truc : « il manque de l'énergie » – « ben oui, mais alors pourquoi on le met pas sur le bilan ? » C'est une très bonne question ! « Tu le mets pas ! » C'est vrai. Il intervient nulle part sur le bilan puisque tu dois mettre que des choses matérielles et pas indiquer l'énergie qu'il faut apporter pour que la réaction démarre.

Le problème de l'amorçage d'une combustion d'un point de vue énergétique leur apparaît donc pertinent physiquement et leur permet également de se détacher des habitudes forgées par les programmes. Ils cherchent alors une combustion qui ne nécessite pas d'être amorcée par une flamme : par exemple, la combustion de la laine de fer démarrant par contact avec les deux bornes d'une pile. Cependant, ils ne sont que partiellement satisfaits de cette stratégie car ils considèrent avoir contourné le problème de la matérialité du feu.

### **G3 : 25'**

- Ou alors, faut avoir déjà amorcé la combustion, pas avec une flamme, mais avec une autre source d'énergie. [...]
- C'est la paille de fer.
- Avec la pile. Pour montrer qu'il faut de l'énergie pour... et pas forcément du feu. Mais on détourne le problème ! [...]
- ça résout pas le problème de cette conception. Ça va résoudre le problème que pour faire une combustion, on n'a pas forcément besoin d'une flamme...

Le questionnaire distribué en début de troisième séance, permet de savoir, après les apports de la première séance, après les réflexions des enseignants sur l'élaboration d'une séquence d'investigation, et après la mise en place dans leur classe de cette séquence, comment les enseignants s'expriment au sujet des conceptions des élèves.

Sept enseignants (P'1, P'3, P'9, P'11, P'15, P'18, P'20) sur les quinze ayant répondu à ce questionnaire, évoquent spontanément les idées des élèves, alors qu'ils n'étaient que quatre sur vingt dans le questionnaire initial. P'1 et P'20 y font même référence à deux reprises. Quatre enseignants (P'1, P'15, P'18, P'20) ont jugé les apports théoriques sur les conceptions des élèves utiles et intéressants. P'3 considère que cette partie a été abordée trop longuement. P'11 a également trouvé ces apports intéressants mais a trouvé que le temps imparti à ce thème était trop court, contrairement à P'3. P'11 déplore également le manque de formation et d'outils mis à la disposition des enseignants pour détecter les conceptions des élèves. Enfin, trois enseignants (P'1,

P'9, P'20) affirment avoir intégré la prise en compte des conceptions des élèves dans leurs pratiques, depuis le début de la formation.

**Tableau 14 : réponses des enseignants relatives aux conceptions des élèves, dans le questionnaire final**

Q1 : <i>Jusqu'à ce jour, qu'est-ce qui vous a semblé utile, intéressant dans cette formation ?</i>	<p>P'1 : L'apport théorique sur les <b>conceptions initiales</b>, les <b>types de raisonnement</b>, la démarche d'investigation (et sa mise en place comme son élaboration).</p> <p>P'15 : S'informer sur les <b>conceptions</b> des élèves</p> <p>P'18 : Faire un point sur les <b>conceptions initiales</b> des élèves</p> <p>P'20 : Formation intéressante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Définition <u>exacte</u> d'une DI</li> <li>○ Partir des <b>préjugés</b> des élèves</li> </ul>
Q2 : <i>Qu'est-ce qui vous a semblé inutile, sans intérêt ?</i>	<p>P'3 : J'avais déjà fait un stage sur l'optique durant lequel on avait déjà mis en évidence les <b>prérequis</b> des élèves dans ce domaine. Cette partie m'a donc semblé un peu longue.</p>
Q3 : <i>Qu'est-ce qui vous a semblé manquer ?</i>	<p>P'11 : La formation met en évidence que la difficulté de l'enseignement des sciences est souvent liée à la <b>conception</b> des élèves, sauf que nous ne sommes pas formés pour les détecter. Et que ce stage, par manque de temps, ne permet pas de donner suffisamment d'outils pour les détecter, mais cela donne l'envie d'en savoir plus et d'aller plus loin.</p>
Q4 : <i>Pensez-vous avoir modifié votre manière d'enseigner ? Si oui, en quoi ?</i>	<p>P'1 : ce stage a modifié ma vision de ma pédagogie et des paramètres qui entrent en jeu lors de la mise en forme et de la transmission d'un cours (<b>types de raisonnement</b> attendus, <b>conceptions initiales des élèves et du professeur</b>, vocabulaire « social »...). Ceci me pousse à évoluer sur ma pratique, même si c'est très difficile seule.</p> <p>P'9 : Au collège, j'essaie d'abord de travailler sur les <b>conceptions</b> des élèves, mais en général c'est moi qui corrige les <b>conceptions fausses</b>. Le problème principal est de les faire se corriger eux-mêmes.</p> <p>P'20 : Oui, je tiens beaucoup plus compte des <b>préjugés</b> des élèves et je fais des TP beaucoup moins guidés où le travail n'est pas déjà mâché.</p>

Nous pouvons noter que le vocabulaire lié aux idées des élèves, employé par les enseignants, est plus précis que dans le questionnaire initial. En effet, le terme « conception » est employé sept fois par cinq enseignants (P'1, P'9, P'11, P'15, P'18), soit seul (P'9, P'15), soit dans une expression composée : « conceptions initiales » (P'1, P'18), « conceptions fausses » (P'9). Le sens que semble recouvrir la plupart de ces références aux idées des élèves et le contexte dans lequel elles sont



employées montrent une certaine appropriation des apports théoriques sur les conceptions des élèves. P'1, à deux reprises, parle des types de raisonnement des élèves, en même temps que leurs conceptions. Il déclare être désormais conscient de l'importance de ces paramètres dans « la mise en forme et la construction d'un cours ». De plus, il reconnaît que l'enseignant peut parfois avoir les mêmes conceptions que ses élèves. Trois enseignants (P'3, P'9, P'20) montrent une compréhension plus superficielle de la notion de conception. P'3 semble confondre « prérequis » et « conceptions ». L'emploi du terme « préjugés » par P'20 ne permet pas de conclure qu'il s'est approprié précisément l'idée de « schème de savoirs ». Cependant, depuis la formation, il semble considérer, pour l'élaboration de ses séquences, les éventuelles idées préalables des élèves sur les thèmes qu'il compte aborder en classe. Enfin, P'9 dit prendre désormais en compte les conceptions des élèves. Mais le contexte dans lequel il parle des « conceptions fausses » laisse penser que cette notion n'a pas été bien comprise. Bien qu'il montre une intention de « faire [ses élèves] corriger eux-mêmes [leurs conceptions] », P'9 dit avoir eu à les corriger à leur place : « en général, c'est moi qui corrige les conceptions fausses ». Nous pouvons nous demander ce que P'9 entend par « corriger » les conceptions des élèves. Dans tous les cas, cette formulation ne semble pas en accord avec le modèle constructiviste auquel appartient la déstabilisation des conceptions des élèves.

#### 2.4.1.1.2. La notion de conflit cognitif

Au cours de la première séance de formation, le questionnaire initial permet de savoir si les enseignants considèrent le dépassement d'obstacles cognitifs comme le type de problème qui doit être posé dans le cadre d'une démarche d'investigation. De plus, nous pouvons analyser le sens qu'ils attribuent à ce type de problème, grâce au contexte dans lequel ils s'expriment.

Dans ce questionnaire, trois enseignants (P'1, P'15, P'16) évoquent l'idée du conflit cognitif. Ces références sont apparues aux questions 1 et 3 du questionnaire initial.

**Tableau 15 : réponses des enseignants relatives au dépassement d'obstacles cognitifs, dans le questionnaire initial**

<p>Q1 :</p> <p><i>Qu'est-ce qui vous semble nouveau, important dans la démarche d'investigation telle qu'elle est préconisée dans les programmes de collège ?</i></p>	<p>P'1 : Elle met en évidence la nécessité d'une « confrontation » entre l'idée qu'on peut se faire de la réponse à une question et la réalité (pratique).</p>
---	--

<p>Q3 :</p> <p><i>Quels sont les points positifs de cette démarche ?</i></p>	<p>P'1 : Confrontation entre schéma intellectuel et réalité</p> <p>P'15 : Les élèves ont l'impression de réaliser leur propre expérience et lorsqu'elle s'avère ne pas fonctionner, cela permet de « casser » leurs conceptions</p> <p>P'16 : Les faire se rendre compte de leurs erreurs (conceptions)</p>
--	---

Les verbes et substantifs utilisés pour signifier l'idée de conflit ou de déstabilisation de conceptions sont variés, ainsi que les contextes dans lesquels ils sont employés.

On trouve deux fois le mot « confrontation » chez P'1, qui confronte « la réalité », soit avec « l'idée qu'on peut se faire de la réponse » (Q1), soit avec un « schéma intellectuel » (Q3). Ces deux expressions semblent renvoyer aux idées des élèves, voire aux conceptions lorsqu'il parle de « schéma intellectuel ». La « réalité », qu'il complète par « pratique », entre parenthèses, dans sa réponse à la première question, semble correspondre à des résultats expérimentaux. P'1 semble donc faire référence au conflit cognitif, plutôt qu'au conflit sociocognitif.

P'16 évoque plutôt une prise de conscience, par les élèves, de leurs erreurs. En classe, un épisode de la séquence permet aux élèves de faire le point sur leurs savoirs, et en particulier sur ceux qu'ils doivent remettre en question.

P'15 utilise, quant à lui, un vocabulaire plus radical puisque selon lui, les résultats d'expérience qui ne correspondent pas aux prévisions des élèves, permettent de « casser » les conceptions de ces derniers. Il y a dans ce terme l'idée de disparition définitive des idées des élèves grâce à l'observation et à l'interprétation des résultats de ces expériences.

Les enregistrements audio des discussions des enseignants pour l'élaboration d'une séquence d'investigation nous permettent de savoir comment leurs références au conflit cognitif ont évolué depuis les apports théoriques de la première séance.

Seules les enseignantes du groupe 1, travaillant sur la conservation de la masse totale au cours d'une transformation chimique, utilisent à plusieurs reprises le terme « conflit », soit seul (deux fois), soit dans l'expression « conflit cognitif » (quatre fois). L'adjectif « contradictoire », ou le terme « contradiction », sont également utilisés en référence à un conflit cognitif, c'est-à-dire à une confrontation entre une « idée » et une situation, des résultats d'expérience, etc.

### **G1 : 10'**

- Je vois pas trop une démarche d'investigation parce que je vois pas trop une perception pour eux qui serait contradictoire avec la réalité scientifique.

Les termes « confronter », ainsi que « confrontation », sont utilisés six fois au total, dans un contexte particulier : lorsque les enseignantes évoquent la phase d'interprétation, par les élèves, des résultats de leur expérience. En effet, les enseignantes du groupe 1 ne planifiant pas, intentionnellement, de lever toute ambiguïté en début de séance sur la signification de la « masse totale », elles prévoient que la plupart de leurs élèves réalisent leur expérience en omettant de boucher leur flacon. Les enseignantes souhaitent alors que naisse un conflit sociocognitif au moment de confronter les résultats des élèves, ces derniers ayant des résultats différents en fonction de leur protocole.

### **G1 : 1h40'**

- Ben il va y avoir confrontation forcément. Parce qu'y en a qui vont dire « ça diminue pas » et d'autres qui vont dire « ben si ! ça diminue. Regarde ! »

Enfin, une enseignante du groupe 1 évoque le conflit sociocognitif en disant son intention de mettre les élèves « en situation de désaccord entre eux ».

Les trois autres groupes, bien qu'élaborant aussi des situations-problèmes en vue de créer des conflits cognitifs, ne prononcent jamais le mot « conflit », ni aucune expression qui s'y rapporte. Leurs intentions de créer un conflit chez les élèves sont présentes mais implicites. Il est clair que les enseignants prennent en compte les conceptions des élèves, et travaillent à l'élaboration d'une situation-problème en vue de les déstabiliser, mais ils n'explicitent pas cette intention au moment de la formulation du problème. Ils n'évoquent aucune confrontation entre une « idée » et une expérience, ou entre une « idée » d'un élève avec celle d'un autre élève, en vue d'une déstabilisation.

Les enseignants ont clairement montré leur appropriation des instructions quant à la déstabilisation des conceptions des élèves. Dans le groupe 4, par exemple, un enseignant explicite sa nouvelle façon d'appréhender la démarche d'investigation depuis la première séance de formation. Il considère désormais que la déstabilisation des conceptions est l'objectif principal d'une démarche d'investigation.

### **G4 : 10'**

- Je suis assez d'accord pour identifier les concepts des élèves, pour se baser là-dessus, c'est-à-dire : démarrer sur ce que pensent les élèves pour pouvoir élaborer notre problème.

Le questionnaire final permet de savoir comment les enseignants s'expriment au sujet de la formulation et de la finalité des problèmes posés à leurs élèves. Nous pouvons observer dans quelle mesure le dépassement d'obstacles cognitifs est évoqué en fin de formation.

**Tableau 16 : réponses des enseignants relatives au dépassement d'obstacles cognitifs, dans le questionnaire final**

Q4	<p>P'9 : Au collège, j'essaie d'abord de travailler sur les conceptions des élèves, mais en général c'est moi qui corrige les conceptions fausses. Le problème principal est de les faire se corriger eux-mêmes.</p> <p>P'15 : J'essaie de trouver plus de situations déclenchantes</p> <p>P'19 : J'aimerais modifier davantage ma manière d'enseigner en amenant les élèves à se questionner davantage, en créant des débats ou des discussions sur des sujets scientifiques et environnementaux (pollution, nucléaire, réchauffement climatique, développement durable, etc.).</p>
Q5	<p>P'12 : Oui. J'ai rencontré des difficultés : Je ne sais pas si j'ai bien mis en place cette démarche ou si j'ai bien posé le problème.</p> <p>P'16 : La première difficulté avait été de trouver comment commencer la séance : trouver une question, une situation déclenchante...</p>

Un seul enseignant (P'9) s'exprime sans ambiguïté sur la déstabilisation de conceptions. Il dit avoir fait évoluer ses pratiques vers une prise en compte des conceptions des élèves en vue d'une déstabilisation. Cependant, le vocabulaire employé laisse entrevoir certaines incompréhensions quant au processus de dépassement d'obstacles cognitifs. En effet, P'9 affirme « corriger les conceptions fausses » des élèves, ce qui est en décalage avec le constructivisme sous-jacent à ce processus.

P'19 semble avoir principalement retenu d'une démarche d'investigation l'aspect de débat dans la classe, permettant aux élèves d'exprimer leurs idées. P'19 souhaite favoriser des débats autour de questions mêlant sciences et société (pollution, nucléaire, etc.), mais il n'aborde pas ici la confrontation des idées des élèves autour d'un phénomène pour lequel ceux-ci pourraient proposer plusieurs interprétations, selon leurs conceptions.

P'12, sans plus de précision, se demande s'il a « bien posé le problème ». Nous ne pouvons pas savoir s'il s'agit de difficultés quant à la formulation, la contextualisation du problème, ou encore si cette réponse recouvre une réflexion sur la finalité des problèmes qu'il a posés à ses élèves et leur adéquation avec le type de problème suggéré par la démarche d'investigation.

Enfin, P'15 et P'16 ont focalisé leur attention sur la formulation du problème, et sur la contextualisation de ce dernier. P'15, en fin de formation, explique avoir fait évoluer ses pratiques vers une recherche plus systématique de « situations déclenchantes ». P'16 aborde également la

question de la contextualisation par des situations déclenchantes pour démarrer ses séances, en avouant trouver cette tâche difficile. Chez ces deux enseignants, la contextualisation du problème semble avoir pris plus d'importance que le problème lui-même.

### *2.4.1.2. Savoir-faire*

#### *2.4.1.2.1. Le repérage de conceptions à partir de productions d'élèves*

Le questionnaire « conceptions », distribué après les apports théoriques, nous permet de savoir dans quelle mesure les enseignants sont capables d'interpréter, en termes de conceptions, des réponses d'élèves à un questionnaire didactique.

Dans ce questionnaire, les enseignants proposent diverses interprétations des réponses des élèves au questionnaire didactique. Nous les avons classées dans le tableau 17, selon les quatre niveaux, que nous avons définis précédemment :

**Niveau 1 :** L'élément de réponse porte uniquement sur les lacunes ou incompréhensions de l'élève quant au concept qui lui aurait permis de répondre correctement.

**Niveau 2 :** Les éléments de réponses des enseignants montrent un repérage de similitudes pertinentes dans les réponses des élèves. Les réponses des élèves sont citées ou paraphrasées, mais pas interprétées.

**Niveau 3 :** Les enseignants ont fait émerger, à partir des similitudes repérées, une tendance de raisonnement sous-jacente.

**Niveau 0 :** Autres

#### **Niveau 1**

Neuf enseignants, à travers 14 unités de significations, présentent les lacunes ou difficultés des élèves quant aux concepts qu'ils auraient dû mettre en jeu pour répondre correctement aux questions posées :

P'2 : A travers les transformations chimiques, les élèves ne réalisent pas toujours qu'il y a permanence des éléments.

P'19 : L'idée de la transformation n'est pas acquise. Les élèves pensent à des « disparitions » de matière. Aucun ne parle d'atomes.

Ces enseignants abordent les concepts de réaction/transformation chimique (P'5, P'11, P'13, P'16, P'18, P'19), conservation de la matière (P'2, P'9), réactif limitant (P'9), et acidité (P'5, P'10, P'13). P'16 et P'19 évoquent aussi une mauvaise utilisation du vocabulaire censé être acquis par les élèves.

Ainsi, ces enseignants ne considèrent pas les réponses des élèves de manière positive, en vue de déceler les raisonnements sous-jacents.

### **Niveau 2**

Neuf enseignants, à travers vingt unités de signification, ont relevé des réponses d'élèves qui correspondent à des manifestations des conceptions présentées plus haut.

#### *Transformation de la matière si le changement est apparent*

P'20 paraphrase les réponses d'élèves qui sont les manifestations de la conception selon laquelle la matière est transformée seulement si le changement est perceptible par nos sens.

P'20 : si ce n'est pas visible, cela a disparu. [...] « L'acide n'a pas disparu car on voit encore la même quantité de solution »

#### *Confusion entre transformations chimique et physique*

Cinq enseignants (P'3, P'6, P'10, P'17, P'20) ont perçu la confusion entre transformations physique et chimique chez les élèves. Les six unités de signification qui évoquent cette conception sont des paraphrases des réponses de ces derniers, et non une interprétation plus générale. On trouve des références aux dissolutions et aux changements d'état.

P'3 : La plaque se dissout

P'6 : Les élèves parlent de réaction chimique mais pour eux, soit :

- Le zinc va « fondre »
- Le zinc va se dissoudre

P'17 : L'acide chlorhydrique est un solvant qui va dissoudre le métal (n° 5, n° 2)

#### *Conception de type « agent/patient »*

A travers quinze unités de significations, neuf enseignants ont relevé des réponses d'élèves, manifestations de la conception « agent/patient ». Ils ont relevé les verbes d'action associés à l'acide, qui montrent la dissymétrie des rôles des deux réactifs.

P'4 : L'acide agit, le zinc subit la transformation.

P'15 : L'acide chlorhydrique : réactif dominant / attaquant

Trois enseignants (P'3, P'6, P'10) ont mis en évidence le lien, fait par les élèves, entre le rôle d'« acteur » de l'acide et l'évolution de sa quantité au cours de la transformation.

P'6 : C'est l'acide qui attaque le zinc (dans ce cas) et c'est pour cela qu'il y a autant d'acide avant qu'après pour eux.

P'10 : L'acide « ronge », « attaque », sa quantité ne diminue pas → il est « fort ».

### **Niveau 3**

Treize enseignants, à travers trente-trois unités de signification, se sont appuyés sur les réponses des élèves pour proposer des interprétations en termes de conceptions et raisonnements d'élèves plus généraux. Les trois conceptions que nous avons présentées plus haut ont été abordées.

#### *Transformation de la matière si le changement est apparent*

Six enseignants (P'1, P'9, P'13, P'15, P'16, P'20) ont repéré la conception selon laquelle la matière est transformée si le changement est apparent, et formulent leur interprétation d'un point de vue général, ne portant pas uniquement sur la situation présentée aux élèves, c'est-à-dire la transformation chimique entre le zinc et l'acide chlorhydrique.

P'1 : Une transformation n'a lieu que si on en voit les effets (l'acide reste de l'acide, le liquide ne change pas)

P'15 : Pour qu'un réactif liquide disparaisse, il faut que son volume diminue.

#### *Confusion entre transformations chimique et physique*

Neuf enseignants (P'1, P'2, P'4, P'8, P'11, P'13, P'14, P'15, P'17) ont détecté la confusion des élèves entre transformation physique et transformation chimique.

P'4 : Confusion entre réaction chimique / dissolution et fusion (changement d'état)

P'8 : Idée de dissolution du zinc (et non pas de transformation) par disparition de celui-ci en solution.

#### *Conception de type « agent/patient »*

Onze enseignants repèrent dans les réponses des élèves une dissymétrie dans les rôles attribués aux réactifs. On trouve souvent des références au rôle « actif » de l'acide et à ce que « subit » le métal.

## Chapitre 2

P'2 : Les réactifs ont des rôles dissymétriques d'après certains élèves (c'est l'acide qui attaque le métal)

P'8 : Idée de disparition complète du zinc donc de la matière qui va être « attaquée » (peu importe la quantité de l'acide)

P'20 : Transformation chimique : il y a un acteur qui reste intact et un autre qui subit et disparaît

Deux enseignants (P'9, P'11) ont également relevé que l'un des réactifs seulement était responsable de la transformation chimique, en libérant l'un des produits qu'il contenait au départ, ou en étant le seul à se transformer.

P'9 : Les produits de la réaction sont déjà présents avant la réaction ( $H_2$  déjà présent dans HCl, puis libéré lors de la réaction)

P'11 : Acide et zinc traités différemment : acide chlorhydrique n'est pas considéré comme un réactif. Un seul réactif se transforme.

### **Niveau 0**

Certaines réponses n'ont pas pu être interprétées, celles-ci restant vagues, ambiguës, ou ne semblant pas correspondre à une tentative d'interprétation des réponses des élèves.

P'4 : Présence « d'atomes » dans l'acide chlorhydrique

P'10 : Gaz  $\Rightarrow$  s'évapore



Tableau 17 : niveaux d'interprétation des réponses des élèves

	Niveau 0	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
	Autres	L'élément de réponse de l'enseignant porte sur les lacunes ou les incompréhensions de l'élève quant au concept qui lui aurait permis de répondre correctement.	L'élément de réponse de l'enseignant montre un repérage de similitudes pertinentes dans les réponses des élèves. Ces dernières sont citées ou paraphrasées, mais pas interprétées.	Les enseignants ont fait émerger, à partir des similitudes repérées, une tendance de raisonnement sous-jacente.
P'1			– l'acide ne « s'use » pas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Une réaction s'arrête uniquement quand l'un des réactifs a totalement disparu - « inépuisabilité » de l'acide chlorhydrique</li> <li>– Disparition des éléments à partir du moment où on ne les voit plus</li> <li>– Une transformation n'a lieu que si on en voit les effets (l'acide reste de l'acide, le liquide ne change pas)</li> <li>– Confusion entre la transformation chimique et le changement d'état (fusion)</li> </ul>
P'2		– A travers les transformations chimiques, les élèves ne réalisent pas toujours qu'il y a permanence des éléments		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Les élèves confondent transformations physiques et chimiques</li> <li>– Confusion entre une substance et sa propriété</li> <li>– Les réactifs ont des rôles dissymétriques d'après certains élèves (c'est l'acide qui attaque le métal)</li> </ul>
P'3			<ul style="list-style-type: none"> <li>– L'acide chlorhydrique fait « fondre », « attaque », « ronge » le zinc mais ce n'est pas un réactif. Il ne réagit pas et ne disparaît pas. (3, 5, 7, 8)</li> <li>– La plaque se dissout (2, 5)</li> <li>– L'acide attaque le métal et forme le dihydrogène donc une petite quantité d'acide disparaît (4)</li> </ul>	– Les atomes « s'en vont », ils disparaissent complètement et ceux qui restent forment d'autres substances (le dihydrogène) (6)
P'4	– Présence « d'atomes » dans l'acide chlorhydrique		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Transformation du zinc en dihydrogène « qui s'évapore ».</li> <li>– Présence de dihydrogène dans l'acide chlorhydrique.</li> </ul>	– Confusion entre réaction chimique / dissolution et fusion (changement d'état)

## Chapitre 2

			<ul style="list-style-type: none"> <li>– Le zinc disparaît « en bulles ».</li> <li>– L'acide agit, le zinc subit la transformation.</li> </ul>	
P'5		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Réaction chimique = notion de réactif n'est pas acquise</li> <li>– Notion d'acidité</li> </ul>		
P'6	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La formation de dihydrogène provient de la réaction entre l'acide et le zinc mais pour certains élèves : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Le dihydrogène était présent sous forme d'atomes dans l'acide et comme les atomes « partent », il reste les atomes de dihydrogène qui partent également</li> </ul> </li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Les élèves parlent de réaction chimique mais pour eux, soit : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Le zinc va « fondre »</li> <li>○ Le zinc va se dissoudre</li> </ul> </li> <li>– C'est l'acide qui <u>attaque</u> le zinc (dans ce cas) et c'est pour cela qu'il y a autant d'acide avant qu'après pour eux</li> <li>– C'est le zinc qui se transforme en gaz : le dihydrogène</li> </ul>	
P'7	...	...	...	...
P'8				<ul style="list-style-type: none"> <li>– Idée de disparition complète du zinc donc de la matière qui va être « attaquée » (peu importe la quantité de l'acide)</li> <li>– Idée de dissolution du zinc (et non pas de transformation) par disparition de celui-ci en solution.</li> <li>– Idée de fusion du zinc également (confusion avec la transformation physique)</li> <li>– Idée d'une seule substance qui agit mais qui ne se transforme pas</li> </ul>
P'9		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Notion de réactif limitant</li> <li>– Conservation de la matière ? (le zinc se transforme en H<sub>2</sub>)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Les seules substances qui réagissent sont celles que l'on voit réagir (seul le zinc réagit)</li> <li>– Les produits de la réaction sont déjà présents avant la réaction (H<sub>2</sub> déjà présent dans HCl, puis libéré lors de la réaction)</li> </ul>
P'10	– Gaz ⇒ s'évapore	– L'acide n'est pas l'acidité	Je ne « peux » que lister. – L'acide « ronge », « attaque », sa quantité ne diminue pas → il est « fort »	

## Chapitre 2

			<ul style="list-style-type: none"> <li>– Confusion « dissolution », « fondre », réaction</li> </ul> <p>Je trouve ce travail difficile, mais très intéressant. Il faut juste que nous soyons formés.</p>	
P'11		<ul style="list-style-type: none"> <li>– L'expression « réaction chimique » est utilisée, apparemment de façon correcte mais les autres questions montrent que la notion n'est pas conceptualisée. Expression juste, notion non comprise</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Acide et zinc traités différemment : acide chlorhydrique n'est pas considéré comme un réactif. Un seul réactif se transforme.</li> <li>– Zinc disparaît mais confusion fusion, dissolution, réaction chimique. Confusion transformation physique / chimique</li> </ul>
P'12	...	...	...	...
P'13		<ul style="list-style-type: none"> <li>– C'est l'acidité de l'acide qui transforme le zinc → problème de notion de réaction chimique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Le zinc se transforme en dihydrogène</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Confusion réaction chimique / changement d'état (dissolution) : « fondre », « fondu »</li> <li>– La réaction ne concerne que ce qui est visiblement modifié.</li> </ul>
P'14				<p>Conceptions des élèves par rapport à la conceptualisation d'une réaction chimique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dissolution</li> <li>– Fusion – évaporation</li> <li>– Une espèce agit et l'autre subit</li> </ul>
P'15	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Décrochement des atomes formant les réactifs pour avoir une réaction</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– L'acide chlorhydrique : réactif dominant / attaquant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Assimilation entre transformation chimique et transformation physique.</li> <li>– Un réactif solide qui disparaît, se dissout forcément.</li> <li>– Pour qu'un réactif liquide disparaisse, il faut que son volume diminue.</li> </ul>
P'16		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aspect « magique » : des choses disparaissent et d'autres apparaissent mais entre les deux, on ne sait pas ce qui se passe. D'où l'emploi du vocabulaire tel que « fondre », « dissoudre », « évapore », « ronge » (vocabulaire qui devrait être acquis depuis la 5<sup>e</sup>)</li> <li>– « Les » produits et « les » réactifs sont deux</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lors d'une réaction chimique, il y a un acteur et un autre qui subit : HCl « agit » et Zn « subit » ici.</li> <li>– HCl agit mais il n'est en rien changé car rien ne se passe visuellement (pas de changement de couleur ni de volume)</li> </ul>

## Chapitre 2

		choses <u>distinctes</u> , sans relation		
P'17	– Disparition = évaporation (n° 3,6)		– L'acide chlorhydrique est un solvant qui va dissoudre le métal (n° 5, n° 2)	– Il faut un acteur (ici, l'acide chlorhydrique) qui agit (n° 8) et un spectateur (la plaque de zinc) qui subit – Réaction chimique ou transformation physique (n° 6, 3)
P'18		– Il n'y a pas participation des deux réactifs à la formation des produits au cours d'une transformation chimique : l'acide n'est présent que pour attaquer le zinc ; le zinc va se transformer en dihydrogène d'un seul coup. Ce n'est pas un réarrangement d'atomes		
P'19		– Difficulté à comprendre que dans une réaction chimique, les deux corps de départ sont consommés – Mauvaise utilisation du vocabulaire : les mots « fondre », « rongé », « dissoudre » apparaissent régulièrement – L'idée de la transformation n'est pas acquise. Les élèves pensent à des « disparitions » de matière. Aucun (sauf 1) ne parle d'atomes.		
P'20			– « dissoudre = disparition » – « ronger » – « l'acide n'a pas disparu car on voit encore la même quantité de solution » – Un produit qui « agit » et un autre qui « subit »	– « fondre = disparition » → si ce n'est pas visible, cela a disparu – « pour prouver qu'un produit apparaît ou disparaît, il faut le voir » – Transformation chimique : il y a un acteur qui reste intact et un autre qui subit et disparaît  – « ce qui apparaît est contenu / enfermé dans ce que l'on a au départ » – Ce qui apparaît était contenu dans un corps de départ <i>(Ces deux derniers éléments appartiennent à la même unité de signification)</i>

### 2.4.1.2.2. La caractérisation de problèmes

Le questionnaire « problèmes et démarches », distribué après les apports théoriques sur la variété des problèmes et des démarches en sciences, permet de connaître la façon dont les enseignants caractérisent sept problèmes issus de notre corpus de fiches de préparation.

#### *Résultats par problème*

##### *F5.3 – Loi d’Ohm*

D’après la fiche, on présente aux élèves la situation de départ suivante : deux élèves expriment leur désaccord sur la façon dont varie l’intensité dans un circuit série, en fonction de la tension aux bornes du générateur, pour un conducteur ohmique de résistance donnée. Les élèves doivent départager les deux personnages.

Quinze enseignants ont reconnu dans cette fiche un problème visant l’élaboration d’une loi.

P’2 caractérise le problème comme une mise en œuvre d’un test. Il se pourrait que P’2 ait focalisé son attention sur le fait que les élèves doivent *tester* l’hypothèse formulée par l’un des deux personnages. Il aurait ainsi confondu la mise en œuvre d’un test, problème appartenant à la catégorie « intervention » selon les critères de Hacking, avec le test d’hypothèses, appartenant plutôt au domaine de la « représentation ».

P’18 caractérise ce problème comme la mise au point d’un dispositif en vue de produire un fait. L’attention de P’18 semble s’être plutôt portée sur l’élaboration d’un protocole pour tester l’hypothèse du personnage de Bill. La situation de départ suggère, en effet, de refaire le circuit en remplaçant la pile de 4,5V par une pile de 9V.

Deux enseignants (P’8, P’13) donnent deux qualifications au problème de la fiche : « mise en œuvre d’un test » et « élaboration d’une loi », soit des problèmes appartenant réciproquement aux catégories « intervention » et « représentation » de Hacking. Il semblerait que ces deux enseignants, comme P’2 (voir plus haut), se soient attachés au *test* de l’hypothèse formulée par l’un des deux personnages. La part de leur réponse portant sur l’élaboration d’une loi semble indiquer la finalité de ce test d’hypothèse.

##### *F2.4 – Lumière et vision*

Il était demandé aux élèves d’interpréter le fait que deux personnes de tailles différentes devaient changer la position de leur rétroviseur.

Douze enseignants ont caractérisé le problème de cette fiche comme une interprétation de phénomène.

Deux enseignants (P'15, P'16) le qualifient d'« étude d'un phénomène ».

P'9 le considère comme un problème visant l'élaboration d'une loi.

### *F2.1 – Lumière et vision*

Dans le cadre de cette séquence, les élèves doivent formuler des prévisions sur ce que l'on peut observer si on éclaire le plafond de la salle de classe avec un laser.

Le problème posé dans cette fiche a été vu par quatorze enseignants, comme une étude de phénomène.

Trois enseignants (P'5, P'12, P'15) ont répondu qu'il s'agissait d'une interprétation de phénomène, dépassant les intentions de l'énoncé.

### *F3.2 – Ombres*

Un directeur artistique souhaite créer des jeux d'ombres et de lumière pour un spectacle. Il se demande ce qui peut faire varier la position, la forme et la couleur des ombres. Les élèves doivent l'aider.

Quatre enseignants (P'1, P'2, P'9, P'10) ont considéré que le problème posé dans cette fiche avait pour finalité l'étude d'un phénomène.

Dix enseignants y ont vu une mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait. Cela peut être dû à la formulation de la situation-problème, dans laquelle le directeur artistique en question souhaite utiliser des jeux d'ombres et de lumière pour un concert. L'attention de ces enseignants semble s'être focalisée sur le « problème » pratique du directeur artistique dans la situation de départ, soit la mise au point d'un dispositif d'éclairage pour un concert. Cela a finalement masqué le problème portant sur les facteurs dont dépendent la position, la forme et la couleur des ombres.

Un enseignant (P'16) l'a caractérisé comme une mise en œuvre d'un test, soit un problème de type « intervention ». Il se pourrait que P'16 ait confondu le test d'hypothèses, portant sur les paramètres dont dépendent la position, la forme et la couleur des ombres, avec un problème consistant en la mise en œuvre d'un test, de type « intervention », selon Hacking.

### *F3.3 – Ombres*

Dans la fiche, il est demandé aux élèves de placer une maison sur un terrain, en répondant à certaines conditions, et de justifier la position choisie.

Le problème de cette fiche a été caractérisé par quinze enseignants, comme une mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait.

Un enseignant (P'18) y a vu une étude de phénomène. Les élèves peuvent, en effet, passer par une phase de description de la formation des ombres sur le terrain, afin de positionner correctement la maison, selon les critères qui leur sont imposés.

### F1.3 – Test de l'eau

Les élèves étaient chargés de retrouver un flacon de sulfate de cuivre anhydre égaré parmi d'autres flacons contenant des poudres blanches, sachant que cette substance est capable de détecter la présence d'eau.

Dix-neuf enseignants ont vu dans cette fiche, un problème qui consistait en la mise en œuvre d'un test.

### F6.2 – Changements d'état

Il s'agissait, pour les élèves, d'étudier, voire d'interpréter un phénomène : une bouteille en verre remplie d'eau se casse après quelques heures passées au congélateur.

Quinze enseignants ont vu dans cette fiche, un problème visant l'interprétation d'un phénomène.

Trois autres (P'5, P'11, P'16) y ont plutôt vu une étude de phénomène.

P'12 semble confondre les caractéristiques des problèmes de type « représentation » et « intervention », puisqu'il écrit, pour caractériser le problème posé dans cette fiche, « Intervention : interprétation ».

**Tableau 18 : caractérisation des sept problèmes proposés par les enseignants**

Item des programmes	Fiches	Type de problèmes	Réponses des enseignants
Loi d'Ohm	F5.3	Elaboration d'une loi (Représentation)	<b>Elaboration d'une loi : n = 15</b> Mise en œuvre d'un test : n = 1 Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait : n = 1 Mise en œuvre d'un test et élaboration d'une loi : n = 2 Sans réponse : n = 1
Lumière et vision	F2.4	Interprétation d'un phénomène (Représentation)	<b>Interprétation d'un phénomène : n = 12</b> Etude d'un phénomène : n = 2 Elaboration d'une loi : n = 1 Sans réponse : n = 4
	F2.1	Etude d'un phénomène (Représentation)	<b>Etude d'un phénomène : n = 14</b> Interprétation d'un phénomène : n = 3 Sans réponse : n = 3

Ombres	F3.2	Etude d'un phénomène (Représentation)	<b>Etude d'un phénomène : n = 4</b> Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait : n = 10 Mise en œuvre d'un test : n = 1 Sans réponse : n = 5
	F3.3	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait (Intervention)	<b>Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait : n = 15</b> <b>Etude d'un phénomène : n = 1</b> Sans réponse : n = 1
Test de l'eau	F1.3	Mise en œuvre d'un test (Intervention)	<b>Mise en œuvre d'un test : n = 19</b> Sans réponse : n = 1
Changements d'état	F6.2	Etude, voire interprétation d'un phénomène (Représentation)	<b>Interprétation d'un phénomène : n = 15</b> <b>Etude d'un phénomène : n = 3</b> « Intervention : interprétation » : n = 1 Sans réponse : n = 1

### Résultats par enseignant

Deux enseignants semblent faire quelques confusions dans leur caractérisation de problèmes. En effet, P'8, en tentant de caractériser le problème de la fiche F5.3, parle à la fois d'élaboration d'une loi et de mise en œuvre d'un test, alors qu'il s'agit de problèmes de types différents : l'élaboration d'une loi est un problème de type « représentation » et la mise en œuvre d'un test, un problème de type « intervention ». Quant à P'12, dans sa tentative de caractérisation du problème de la fiche F6.2, il écrit « Intervention : interprétation », alors que l'interprétation d'un phénomène correspond à la catégorie « Représentation », selon les critères de Hacking.



## Chapitre 2

### Questionnaire « problèmes et démarches »

Consigne : « Voici sept problèmes proposés par des collègues dans des fiches mises à disposition sur différents sites académiques sous l'appellation « démarche d'investigation ». En vous référant au classement qui vous a été présenté, pouvez-vous identifier de quel type de problème il s'agit ? »

**Tableau 19 : réponses des enseignants à la première question du questionnaire « problèmes et démarches »**

	Loi d'Ohm	Lumière et vision		Ombres		Test de l'eau	Changements d'état
	F5.3	F2.4	F2.1	F3.2	F3.3	F1.3	F6.2
	Elaboration d'une loi (Représentation)	Interprétation d'un phénomène (Représentation)	Etude d'un phénomène (Représentation)	Etude d'un phénomène (Représentation)	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait (Intervention) + Etude d'un phénomène (Représentation)	Mise en œuvre d'un test (Intervention)	Etude, voire interprétation d'un phénomène (Représentation)
P'1	Représentation → élaboration d'une loi	Représentation → étude/ interprétation ? d'un phénomène	Représentation – étude d'un phénomène	Représentation → étude d'un phénomène	Intervention : mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait	Intervention → mise en œuvre d'un test	Représentation → interprétation d'un phénomène (étude)
P'2	Problème : mise en œuvre d'un test.	Problème : interprétation d'un phénomène	Problème : étude d'un phénomène	Problème : étude d'un phénomène	...	Problème : mise en œuvre d'un test	Problème : interprétation d'un phénomène
P'3	Représentation : élaboration d'une loi.	Interprétation d'un phénomène.	Etude d'un phénomène.	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait	Mise en œuvre d'un test	Interprétation d'un phénomène
P'4	Elaboration d'une loi.	Interprétation d'un phénomène.	Etude d'un phénomène	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait.	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait.	Mise en œuvre d'un test	Interprétation d'un phénomène
P'5	Elaboration d'une loi	...	Interprétation d'un phénomène	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait	Mise en œuvre d'un test	Etude d'un phénomène
P'6	Elaboration d'une loi	Interprétation d'un	Etude d'un	Mise au point	Mise au point d'un	Mise en œuvre d'un	Interprétation d'un

## Chapitre 2

	(car le but : U=RI)	phénomène (l'observation a été faite, on cherche à savoir pourquoi)	phénomène (on désire faire une expérience, et on fait une prévision sur ce qu'on va observer)	d'un dispositif en vue de produire un fait	dispositif en vue de produire un fait (car le but est de fournir un plan du terrain avec la maison)	test (l'élève doit mettre en place un test pour retrouver le sulfate de cuivre anhydre)	phénomène.
P'7	Oui, élaboration d'une loi.	...	...	<i>(Entoure « la forme » dans le problème posé, sans commenter)</i>	Production d'un fait	...	...
P'8	– Elaboration d'une loi – Mise en œuvre d'un test	Interprétation d'un phénomène	Etude d'un phénomène ?	...	...	Mise en œuvre d'un test	Interprétation d'un phénomène
P'9	Elaboration d'une loi	Mise au point d'un dispositif	Etude d'un phénomène	Etude d'un phénomène	Mise au point d'un dispositif	Mise en œuvre d'un test	Interpréter un phénomène
P'10	Elaboration d'une loi	Interprétation d'un phénomène	Etude d'un phénomène	Etude d'un phénomène.	Mise au point d'un dispositif	Mise en œuvre d'un test	Interprétation d'un phénomène
P'11	Elaboration d'une loi	Elaboration d'une loi	...	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait	Mise au point d'un dispositif	Mise en œuvre d'un test	Etude d'un phénomène
P'12	...	...	<u>Représentation</u> : interprétation	...	<u>Intervention</u> : mise en œuvre	<u>Intervention</u> : mise en œuvre d'un test	<u>Intervention</u> : interprétation
P'13	<u>Intervention</u> : mise en œuvre d'un test (puis en rouge) : Elaboration d'une loi	<u>Représentation</u> : interprétation d'un phénomène	<u>Représentation</u> : étude d'un phénomène	Mise au point d'un dispositif	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait	<u>Intervention</u> : mise en œuvre d'un test	<u>Représentation</u> : Interprétation d'un phénomène
P'14	Elaboration d'une loi	Interprétation d'un phénomène	Etude d'un phénomène	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait	Mise en œuvre d'un test	Interprétation d'un phénomène
P'15	<u>Elaboration d'une loi</u> : – Réalisation d'un protocole – Réalisation de mesures	<u>Etude d'un phénomène</u>	<u>Interprétation d'un phénomène</u> (observation – interprétation)	<u>Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait</u> (par élimination ?)	<u>Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait</u>	<u>Mise en œuvre d'un test</u>	<u>Interprétation d'un phénomène.</u>

## Chapitre 2

	– Trouver la relation de proportionnalité						
P'16	Elaboration d'une loi	Etude d'un phénomène	Prévision, étude d'un phénomène	Mise en œuvre d'un test	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait.	Mise en œuvre d'un test.	Etude d'un phénomène
P'17	Représentation : élaboration d'une loi	...	Prévision	...	...	Mise en œuvre d'un test	Interprétation d'un phénomène
P'18	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait	Interprétation d'un phénomène	Etude d'un phénomène	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait	Etude d'un phénomène	Mise en œuvre d'un test	Interprétation d'un phénomène
P'19	→ Elaboration d'une loi	Interprétation d'un phénomène	Etude d'un phénomène	...	Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait	Mise en œuvre d'un test	Interprétation d'un phénomène
P'20	« Elaboration d'une loi »	« Interprétation d'un phénomène »	« Etude d'un phénomène »	« Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait »	« Mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait »	« Mise en œuvre d'un test »	« Interprétation d'un phénomène »

### 2.4.1.2.3. La prise en compte des conceptions pour l'élaboration d'une situation-problème

A travers les enregistrements audio de la deuxième séance de formation, les discussions des enseignants nous permettent de savoir si l'existence de conceptions associées entre en ligne de compte dans le choix d'un item des programmes.

Dans tous les groupes, les enseignants montrent clairement que leur recherche d'objectif de connaissances est basée sur la recherche des conceptions associées. Dans les groupes 3 et 4, deux enseignants déclarent même considérer que la prise en compte des conceptions constitue un point de départ (G4), voire un principe essentiel (G3) d'une démarche d'investigation.

#### **G4 : 10'**

- Je suis assez d'accord pour identifier les concepts des élèves, pour se baser là-dessus, c'est-à-dire : démarrer sur ce que pensent les élèves pour pouvoir élaborer notre problème.

#### **G3 : 2h10'**

- Si y a un seul truc que j'ai compris, c'est que la DI, on peut pas effectivement te demander d'en faire à toutes les sauces, parce qu'en fait véritablement, elle ne sert qu'à une chose : à lever les conceptions des élèves.

L'enseignant du groupe 3, dans l'extrait précédent, soulève également, comme un enseignant du groupe 2, une autre question : chaque objectif de connaissances des programmes n'exige pas forcément la déstabilisation de conceptions pour être atteint.

#### **G2 : 10'**

- Je trouve que c'est ça qui est difficile dans le programme de 3<sup>e</sup>, c'est qu'il y a beaucoup de choses où ils ont pas d'idées préalables. Tu vois ? Le test de reconnaissance, ils pourraient peut-être faire quelque chose mais ils ont aucune idée là-dessus en fait.

Dans l'extrait suivant, le groupe 3 argumente clairement son choix de l'objectif de connaissance en fonction des conceptions des élèves. En effet, en voulant viser l'acquisition de la connaissance « *la combustion du carbone nécessite du dioxygène et produit du dioxyde de carbone* » (M.E.N., programmes du collège, 2008, p. 18), les enseignants sont conscients que plusieurs conceptions d'élèves sont en jeu et qu'une seule séquence ne suffit pas pour les déstabiliser. De plus,

ils perçoivent que l'idée de la non-nécessité du dioxygène dans une combustion, commune chez les élèves de collège, peut difficilement être déstabilisée dans le cadre d'un conflit cognitif. Un nouveau déroulement de la séquence se profile alors : une première séance sera consacrée à une activité documentaire sur le triangle du feu (nécessité du dioxygène) et une seconde séance sera fondée sur une démarche d'investigation, dans le but de déstabiliser la conception « tout disparaît, rien n'apparaît ».

Il semble donc clair pour ces enseignants qu'une démarche d'investigation n'est pas adaptée à tous les items du programme et qu'elle sert principalement à la déstabilisation de conceptions. Dans l'extrait suivant, pendant la présentation de leur fiche aux autres groupes, le groupe 3 résume son intention de découper sa séquence en deux séances de natures différentes, l'une documentaire, l'autre fondée sur une démarche d'investigation :

### **G3 : 2h20'**

- Nous, on a proposé de travailler sur la combustion  $C + O_2$  donne  $CO_2$ . On proposait de faire l'activité en deux temps. Première activité : activité documentaire plutôt sur le triangle du feu, dont l'objectif à la fin de la séance serait : pour brûler, il faut un combustible et de l'air et celui dont on a besoin, c'est le dioxygène, parce qu'en fait y a pas vraiment de problème de conceptions derrière. C'est une connaissance. Je veux dire, on peut pas deviner que c'est le dioxygène dont on a besoin, à part les pousser un petit peu. Donc on s'est dit, autant leur donner et donc ça, au travers d'une activité documentaire. Et donc pour nous, le but de la démarche d'investigation, c'était de répondre à la conception : « rien n'apparaît puisque c'est invisible » ou « ça a brûlé donc tout a disparu », et « le dioxygène n'est pas consommé au cours d'une combustion, voire pas nécessaire ». Mais le « voire pas nécessaire », en fait, on y aurait répondu à la fois précédente.

Dans le groupe 2, une enseignante explique qu'elle souhaite désormais intégrer ce nouvel aspect dans ses pratiques. Son discours met en lumière le caractère inhabituel et déstabilisant de la recherche de conceptions dans son travail de préparation de séquence.

### **G2 : 5'**

- Ça me perturbe tout ça, moi ! [...] Non, mais c'est vrai que moi, personnellement, je vais pas jusqu'à cette réflexion de la conception de l'élève, systématiquement. [...] Mais je trouve que c'est drôlement important ! [...] Et moi, ça m'intéresse justement. Parce que j'aimerais bien plus souvent focaliser mon travail à partir de là.

#### 2.4.1.2.4. La formulation d'un problème favorable au dépassement d'obstacles cognitifs

Dans le questionnaire initial, il est demandé aux enseignants de décrire une séquence d'investigation qu'ils auraient éventuellement mise en place avant le début de la formation. Parmi les onze enseignants qui affirment avoir mis en place ce type de séquence, et qui la décrivent avec plus ou moins de détails, quatre (P'2, P'5, P'18) semblent avoir choisi des items des programmes se prêtant au dépassement d'obstacles cognitifs.

**Tableau 20 : séquences, décrites par les enseignants dans le questionnaire initial, se prêtant au dépassement d'obstacles cognitifs**

P'2	Electricité 5 <sup>e</sup> . En partant d'une BD, les élèves arrivent à la question suivante : « l'ordre des dipôles a-t-il une influence sur le fonctionnement d'un circuit série ? »
P'5	Répondez à la question suivante : qu'est-ce qui pèse le plus lourd ? Un ballon gonflé ou un ballon dégonflé ?
P'18	Conservation de la masse en 4 <sup>e</sup> : citation de Lavoisier : « rien ne se perd, rien ne se crée ». Cette affirmation est-elle valable ?

Les descriptions fournies par les enseignants restent vagues et nous ne disposons pas d'informations suffisantes pour conclure sur leurs intentions quant à la création d'un conflit chez leurs élèves. Nous pouvons seulement dire que les problèmes qu'ils posent à leurs élèves sont potentiellement favorables à la création d'un conflit cognitif, en ce sens que la connaissance visée peut être atteinte en passant par une déstabilisation de conceptions. En effet, P'2 pourrait tout à fait vouloir déstabiliser la conception selon laquelle le courant s'épuise à chaque dipôle qu'il traverse. P'5 pourrait, quant à lui, lutter contre les idées des élèves selon lesquelles l'air n'est pas de la matière et n'a donc pas de masse, ou encore plus un objet est volumineux, plus il est lourd (en prévoyant un travail sur la séparation des variables). Enfin, P'18 donne l'impression de viser la déstabilisation de la conception selon laquelle les réactifs « disparaissent », en ce sens qu'ils sont détruits, et non transformés, au cours d'une transformation chimique.

Les descriptions des séquences des sept autres enseignants, affirmant avoir mis en place une démarche d'investigation, ne laissent entrevoir aucune possibilité de création d'un conflit cognitif, car ils ne portent pas sur des objectifs de connaissances des programmes que l'on peut atteindre en passant par une déstabilisation de conceptions. P'1, par exemple, vise la connaissance « une eau d'apparence homogène peut contenir des substances autres que l'eau », du programme de 5<sup>e</sup> ; P'14

propose une séquence sur le fait que « l'eau peut contenir des gaz dissous », du programme de 5<sup>e</sup> également.

Les enregistrements audio de la deuxième séance de formation nous permettent d'analyser la façon dont les enseignants se sont appropriés et ont intégré dans leurs pratiques, les savoir-faire concernant le conflit cognitif. En effet, ces enregistrements nous permettent de savoir si le problème posé par les enseignants permet la création d'un conflit cognitif chez les élèves.

Dans tous les groupes, nous avons pu constater que les enseignants souhaitaient élaborer un problème favorable au dépassement d'obstacles cognitifs. Nous présentons maintenant la façon dont les problèmes ont été formulés par chacun des groupes, et tentons d'analyser les finalités de ces problèmes du point de vue de la déstabilisation de conceptions. Cette dernière est-elle provoquée par la confrontation des idées des élèves avec une situation élaborée par l'enseignant, ou encore une expérience (conflit cognitif) ? Ou bien les enseignants planifient-ils une discussion dans la classe, au cours de laquelle les élèves confronteraient leurs interprétations d'un phénomène ou d'une situation imaginée par l'enseignant (conflit sociocognitif) ?

Dans le discours des enseignants du groupe 1, plusieurs approches du conflit sont présentes : le conflit cognitif, où l'élève confronte ses idées avec la situation de départ proposée par l'enseignant ou à l'expérience, et le conflit sociocognitif, où les élèves confrontent entre eux leurs points de vue. Rappelons que les programmes font référence à ces deux aspects : l'enseignant doit créer une situation qui permet de déstabiliser les conceptions des élèves, qui auront été préalablement analysées, et doit également mettre en place un débat pour que les élèves confrontent leurs points de vue sur le problème qui leur est posé.

Les deuxième et troisième interventions de l'enseignante A, dans l'extrait suivant, contiennent l'idée de conflit cognitif. En effet, c'est « par l'expérience et par la réflexion » que l'élève est amené à passer d'une « perception qui est pas la bonne », à « une conception juste ». On trouve ici l'idée de déstabilisation de conceptions à travers l'expérience, mais aussi l'idée d'une re-stabilisation, par la réflexion. Sa troisième intervention confirme l'importance qu'elle donne à « la réalité scientifique », qui semble signifier les résultats des expériences. Ainsi, le conflit cognitif peut avoir lieu chez les élèves, si leurs perceptions sont « contradictoires avec la réalité scientifique ».

### **G1 : 10'**

- **A :** C'est un peu ce que j'ai compris de ce stage et que j'avais peut-être pas très bien compris avant, c'est que la démarche d'investigation, ça part un peu d'une idée fausse.

- B : D'une conception.
- A : D'une perception, en tout cas, de l'élève, qui est pas la bonne mais qui est pour lui un peu évidente et que par l'expérience et par la réflexion, il doit réussir à revenir à une conception juste.
- C : C'est quelque chose comme ça. Y a quelque chose de contre-intuitif qui ressort.
- A : [...] je me disais que peut-être, la conservation de la masse, c'était plus une démarche scientifique classique, plutôt qu'une démarche d'investigation. Je vois pas trop une démarche d'investigation parce que je vois pas trop une perception pour eux qui serait contradictoire avec la réalité scientifique.

Une autre enseignante du groupe 1 évoque également l'idée de conflit cognitif, et y ajoute celle de conflit sociocognitif. Elle parle de « contradiction » provoquée chez les élèves grâce à une situation-problème. Puis ce conflit cognitif doit être suivi d'un conflit sociocognitif, en créant une « situation de désaccord entre eux ». Elle précise que cette étape contribue à la résolution du problème posé.

### **G1 : 30'**

- Mais en préliminaire par rapport à ça, y a les mettre en situation-problème, en situation de contradiction. On leur dit pas comme principe de base « la masse se conserve, prouvez-le ». C'est créer une situation où déjà, ils prennent conscience qu'il y a un problème. Et qu'après, pour résoudre ce problème, il va falloir... enfin... si j'ai bien compris dans la démarche d'investigation... y a à les mettre en situation de désaccord entre eux.

En fin de séance de travail, la formatrice a demandé à chaque groupe de présenter son scénario de séquence d'investigation. Nous discutons, ici, de la formulation définitive du problème posé par chaque groupe, à la fin de la deuxième séance de formation. En effet, l'évolution des discussions au sein de chaque groupe a montré que les enseignants étaient parvenus à un consensus sur la formulation du problème qu'ils présentent aux autres stagiaires. Nous chercherons à analyser si le problème posé par chaque groupe permet la création d'un conflit cognitif ; si oui, comment il a été contextualisé ; et enfin, s'il s'agit d'un conflit cognitif et/ou sociocognitif.

### **Groupe 1**

« En fait, on va écrire la question au tableau dès le début : « comment la masse totale évolue-t-elle au cours d'une transformation chimique ? » Et on espère mettre en place un débat parce que certains nous diront que ça diminue parce que les réactifs disparaissent, parce que le bois brûle et qu'il disparaît. Ils s'appuieraient sur des exemples concrets. D'autres qui diraient que ça se conserve parce qu'en pré-requis, on aurait déjà vu que les atomes se conservent, donc y en a peut-être qui auraient l'idée de nous dire que la masse se conserve aussi. »



Le problème posé par le groupe 1 est très académique et théorique : « comment la masse totale évolue-t-elle au cours d'une transformation chimique ? » Les enseignantes n'ont fait intervenir aucun élément de la vie courante, ni aucun personnage imaginaire. Le problème scientifique est absolument transparent. La réponse au problème posé constitue la connaissance visée. Les enseignantes souhaitent explicitement créer un conflit sociocognitif ici. Elles envisagent deux types de raisonnements chez leurs élèves. Pour une partie, la masse totale diminuerait, puisque nombre d'entre eux considèrent que les réactifs « disparaissent ». Les combustions, abordées précédemment comme exemple de transformation chimique, ont pu renforcer l'idée de disparition, par destruction, des réactifs. Pour les autres élèves, la masse totale resterait constante ; ces élèves réinvestiraient les connaissances déjà acquises sur la conservation des atomes.

Les élèves testeraient ensuite leur proposition avec une expérience, dont ils auraient eux-mêmes élaboré le protocole, et qu'ils réaliseraient de manière autonome. La confrontation des idées des élèves pensant que la masse diminue car les réactifs disparaissent, avec les résultats de l'expérience (la masse reste la même), correspondrait alors à un conflit cognitif.

### **Groupe 2**

« Isabelle [une enseignante du groupe, NDR] nous a proposé de partir sur une expression française du type : « j'en ai lourd sur les épaules » pour travailler dessus et qu'ils fassent eux-mêmes l'hypothèse que l'air a une masse ou l'air n'a pas de masse. [...] Et bref, quand on pose « j'en ai lourd sur les épaules », en y réfléchissant, on pense qu'ils nous diraient que c'est dû à la fatigue, qu'ils resteront coincés un petit bout de temps sur le fait qu'y a rien sur notre dos, donc ils voient pas trop d'où vient cette expression et puis un ou deux élèves qui proposent : « est-ce que l'air pèse quelque chose ? », « est-ce que ça serait ça ? » Donc on partirait de ça. »

Les enseignantes du groupe 2 ont choisi une expression, « j'en ai lourd sur les épaules »<sup>12</sup>, qu'elles détournent de son sens figuré premier, pour le présenter aux élèves dans son sens littéral. Il semblerait que les enseignantes utilisent ici une situation déclenchante, en ce sens qu'elle est censée éveiller la curiosité des élèves et faire émerger spontanément un problème, ici, celui de la masse de l'air. Les enseignantes prévoient les réactions des élèves à l'expression qui leur est présentée : elles s'attendent à ce que les élèves ne formulent pas immédiatement le problème souhaité et que beaucoup de leurs interventions tombent hors du cadre qu'elles se sont implicitement fixé. Elles comptent sur des élèves pour amener la question de l'air, et planifient de rebondir sur ces

---

<sup>12</sup> Fig. *Responsabilité qui pèse, qui repose sur les épaules*. Petit Robert (1993)

interventions pour clarifier le problème. C'est seulement à partir de ce moment qu'un conflit peut être créé. Il semblerait qu'elles souhaitent créer un conflit sociocognitif, pour lequel deux points de vue s'affrontent : l'air pèse / l'air ne pèse rien. Elles s'appuient ici sur la conception des élèves selon laquelle l'air, étant invisible, n'est pas considéré comme de la matière. Le débat entre élèves est un premier pas dans la déstabilisation de cette conception. Le groupe 2 explique qu'il ne peut pas présenter aux autres groupes d'enseignants le scénario entier de sa séquence, ayant passé beaucoup de temps à l'élaboration du problème. Nous ne pouvons donc pas savoir quelles stratégies seront mises en place pour poursuivre la déstabilisation des conceptions des élèves (expériences, recherche documentaire,...), et pour les « re-stabiliser ».

### **Groupe 3**

« On proposait de faire deux bulles : « j'ai fait brûler du charbon de bois, il n'y a plus rien dans le flacon » et « ce n'est pas parce que tu n'as rien vu que rien n'est apparu ». Histoire qu'ils puissent prendre parti pour l'un ou pour l'autre. »

Pour formuler son problème, le groupe 3 a opté pour un conflit sociocognitif mis en scène sous la forme d'une bande dessinée. Deux personnages s'opposent quant à la formation ou non de produits au cours d'une combustion. Pour formuler l'affirmation du premier personnage, les enseignants s'appuient sur les idées des élèves selon lesquelles la combustion « détruit » les réactifs, et aucun produit n'est formé car ils ne sont pas visibles ( $\text{CO}_2$  et vapeur d'eau). Le second personnage ne représente pas la connaissance visée, mais plutôt la contradiction de la conception selon laquelle ce qui est invisible n'est pas de la matière. Il met donc en doute l'assertion du premier personnage. L'objectif de cette stratégie est clairement affiché par les enseignants : il s'agit pour les élèves de « prendre parti pour l'un ou pour l'autre ». Le débat devrait donc porter sur l'apparition ou non de produits au cours d'une combustion. Cependant, le problème de l'identification de ces produits, soit la connaissance visée, n'est pas directement posé aux élèves en début de séance.

### **Groupe 4**

« On a pensé à un thé avec une dosette de sucre de 2g. Et la question est : « je fais un régime. Il me reste 1g de sucre à ingérer. Est-ce que je peux boire cette boisson ? » [...] Donc ensuite, on laisse travailler un peu les élèves en groupes. »

Le groupe 4 a choisi de poser le problème à partir d'une situation de la vie courante. Les enseignants se sont penchés sur les conceptions des élèves quant au devenir des substances solides dissoutes. Pour formuler ce problème, ils se sont appuyés sur une conception d'élèves répandue au

collège. Celle-ci a été décrite par Stavy (1990) : « *la masse de la solution d'eau sucrée est plus petite que la somme des masses du sucre et de l'eau car 'le sucre rapetisse jusqu'à disparaître'* »<sup>13</sup> (notre traduction, Stavy, 1990, p. 503). Des élèves plus jeunes, prévoiraient que la solution eau/sucre serait plus lourde que la somme des masses de l'eau et du sucre parce que le sucre « alourdirait » l'eau. Au cours de la séance de travail, les enseignants du groupe 4 ont prévu les trois propositions possibles des élèves : la masse augmente / est la même (*proposition correcte*) / diminue. Ils ne planifient pas d'animer un débat dans la classe, mais plutôt au sein de chaque petit groupe d'élèves, où se créerait un conflit sociocognitif à l'échelle du groupe. Un autre conflit cognitif aurait ensuite lieu lorsque les prévisions argumentées des élèves seront confrontées avec le résultat de l'expérience qu'ils auront élaborée et réalisée : la pesée des masses d'eau et de sucre séparément, puis la pesée de la solution d'eau sucrée.

### 2.4.1.3. Problèmes soulevés par les enseignants

Enfin, dans une perspective de « dialogue », nous nous sommes intéressée aux réflexions des enseignants quant à l'élaboration de problèmes visant la déstabilisation de conceptions. Les enseignants ont explicité, au cours de leurs discussions, certains éléments de leurs stratégies d'élaboration d'une situation-problème. Leurs discussions nous renseignent notamment sur le rôle qu'ils attribuent à l'expérience dans le cadre d'un conflit cognitif. Nous présentons ensuite les effets de cette représentation sur la formulation des problèmes posés aux élèves. Enfin, nous verrons l'importance qu'ils accordent à la contextualisation d'un problème scientifique.

#### 2.4.1.3.1. L'expérience vue comme une « expérience cruciale »

D'après leurs discours, plusieurs enseignants des groupes 1, 2 et 3 semblent avoir une vision binaire du conflit cognitif. Cela se traduit notamment dans le rôle prépondérant qu'attribuent les enseignants aux résultats d'expérience dans le cadre d'un conflit cognitif. Il semblerait que ces résultats suffisent à eux seuls à la fois à déstabiliser la conception en jeu, et à conclure à la connaissance visée. Les extraits suivants révèlent des situations d'expériences dans lesquelles les résultats sont incommensurables avec les conceptions des élèves. Pour ces enseignants, l'expérience permet alors de trancher radicalement entre deux « hypothèses » : celle qui correspond au savoir

---

<sup>13</sup> "the sugar/water solution is lighter than the sum of the weights of sugar and water because 'the sugar becomes smaller and smaller until it disappears' "

visé et celle formulée par les élèves, manifestation d'une conception. On pourrait parler d'« expérience cruciale », dans une perspective didactique, en ce sens qu'elle permettrait, selon ces enseignants, de détruire les modèles mentaux des élèves, pour les remplacer par les connaissances visées.

L'extrait suivant, tiré d'une discussion au sein du groupe 3, travaillant sur le thème des combustions, permet de comprendre l'importance de la place tenue par l'expérience, chez les enseignants, dans un conflit cognitif. En effet, un enseignant pense que les « TP classiques » suffisent à déstabiliser la conception « rien n'apparaît », grâce au test de l'eau de chaux, et à « prouver », dans le même temps, l'apparition du dioxyde de carbone.

### **G3 : 40'**

- En même temps, tu luttas contre cette conception-là quand tu fais le test de l'eau de chaux. Finalement dans les TP classiques, tu luttas... l'eau de chaux te prouve bien que t'as quelque chose qui est apparu et qui était pas là au départ, non ? Mais ça reste invisible tout le temps.

A cet instant de la discussion, cet enseignant ne distingue pas la particularité de la démarche d'investigation par rapport à ce qu'il appelle les « TP classiques » : l'expression des idées des élèves au cours d'une discussion afin qu'elles puissent être confrontées à une expérience par la suite (conflit cognitif), contrairement à leur position d'exécutants dans ce qu'il nomme les « TP classiques ». D'après cet extrait, la seule observation de l'expérience permettrait à la fois de déstabiliser la conception des élèves (rien n'apparaît) et d'acquérir la connaissance en jeu (du dioxyde de carbone apparaît au cours d'une combustion). Tandis que, dans la démarche d'investigation, il s'agit de permettre aux élèves d'exprimer le plus clairement possible leurs idées sur la situation de départ afin de les confronter à la fois aux idées des autres élèves, et aux résultats d'une expérience dont ils auront eux-mêmes élaboré le protocole.

Au sein du groupe 1, travaillant sur la conservation de la masse totale au cours d'une transformation chimique, nous retrouvons également la supériorité d'une expérience unique sur un raisonnement inscrit dans une démarche plus générale. A ce stade de la discussion, la possible mauvaise étanchéité du matériel mis à disposition des élèves amène les enseignants à se poser une question sur le rôle de l'expérience quant à la déstabilisation des conceptions des élèves. Le test, par l'expérience, des prévisions et hypothèses des élèves, avec un matériel non étanche, risque de les faire conclure différemment de la connaissance visée. Ce qui ne convient pas à l'enseignante qui s'exprime dans l'extrait suivant, car l'expérience doit, selon elle, pouvoir trancher entre les

conceptions des élèves et le savoir scientifique. Elle ne semble pas envisager une discussion plus générale sur les incertitudes de l'expérience dues au matériel utilisé.

### **G1 : 45'**

- Ben après, ça va dépendre des élèves. Y a des élèves qui vont nous dire : « ça aurait dû être pareil », en fait, ils vont rester sur leurs idées. C'est-à-dire que ceux au départ qui pensaient que la masse ne se conservait pas, vont continuer à dire que la masse se conserve pas, et ceux qui pensaient que la masse se conserve vont dire : « bon, ça se conserve pas mais c'est peut-être parce qu'on a perdu du gaz ». Mais le problème, c'est que dans ces cas-là, on résout pas le problème. Chacun va rester sur ses idées.

Enfin, dans le groupe 3, les enseignants réfléchissent aux stratégies à mettre en place pour déstabiliser les conceptions « le dioxygène n'est pas consommé » et « tout disparaît et rien n'apparaît ». Dans l'extrait suivant, un enseignant ne voit pas ce qui va pouvoir être « montré » et quelles conceptions vont pouvoir être déstabilisées par l'expérience, concernant le thème des combustions. De ce point de vue, il oppose le thème des combustions à celui de l'intensité dans un circuit série, thème qui permet selon lui de trancher plus facilement entre les conceptions des élèves et le savoir scientifique, grâce à des expériences simples.

### **G3 : 40'**

- Mais faire une démarche d'investigation là-dessus, c'est pas facile, par rapport à l'élève. Où la conception est facile, pour l'intensité par exemple... ils savent qu'ils vont faire des mesures d'intensité avant la lampe, après la lampe et puis ils concluent facilement. Mais là, qu'est-ce qu'on va montrer ? Qu'est-ce qu'on fait comme hypothèse sur la combustion ? Qu'est-ce qu'ils vont faire comme hypothèses ?

#### 2.4.1.3.2. La « mise en scène » du conflit cognitif dans la situation de départ

Une des conséquences de cette vision binaire du conflit cognitif s'exprime dans la formulation du problème posé par les enseignants. En effet, lorsqu'ils réfléchissent à la façon dont ils peuvent mettre en pratique la notion de conflit cognitif, il apparaît le même type de stratégie dans trois des quatre groupes : un « conflit », imaginé à partir des conceptions des élèves, est mis en scène dans la situation de départ. Quelle que soit la contextualisation du problème, il s'agit toujours d'opposer deux, et seulement deux, systèmes explicatifs d'un phénomène, ou deux prévisions issues de deux systèmes explicatifs non explicités. Plusieurs enseignants des groupes 1, 2 et 3 imaginent mettre en scène une confrontation entre deux personnages, formulant deux idées contradictoires, le plus souvent sous la forme d'une bande dessinée.

### **G1 : 35'**

- Ou alors on met deux images de bande dessinée avec deux élèves qui font l'expérience...
- Et y en a un qui pense que la masse va rester la même parce que les atomes se conservent, l'autre va dire que c'est pas vrai.

### **G2 : 1h30'**

- Ou alors « quand un plongeur remplit sa bouteille d'air, est-ce qu'elle est plus lourde ou moins lourde ? » Y a un plongeur [...] qui peut dire : « ah ! Maintenant qu'elle est remplie, elle va être beaucoup plus lourde ! » et l'autre qui dit : « ben non, elle est pleine d'air donc ça va être plus léger ».

### **G3 : 1h55'**

- Et pourquoi on peut pas les induire à aller dans le sens où on va, tu sais ? Sur le principe de la bulle : Machin, il pense que, et moi je pense que. [...] Du coup, t'as forcément... tu les induis quand même mais t'as forcément tes deux hypothèses, chacun peut se ranger dans un camp...
- Oui, et tout le monde peut faire quelque chose.

Dans l'extrait suivant, une enseignante du groupe 1 propose de confronter un savoir scientifique établi avec une expérience qui semble contredire ce savoir, à cause d'une erreur de protocole que les élèves devront identifier :

### **G1 : 30'-35'**

- On peut leur mettre une phrase qui reprend ce qu'on a vu juste avant, c'est-à-dire les atomes présents sont dans le même nombre, en même quantité, et leur mettre à côté une image de la réaction de l'acide chlorhydrique avec la craie, sans bouchon et avec bouchon, et leur demander avec les deux images au tableau, que la masse a diminué. Pourquoi ? Pourquoi dans un cas, la masse diminue alors que les atomes sont censés rester ?

A travers cette forme de situations de départ, les intentions des enseignants sont donc de créer des conflits sociocognitifs. Mais le débat contradictoire sera très guidé, puisque réduit aux deux assertions de la situation de départ. On peut se demander pour quelles raisons les enseignants procèdent de cette manière. Plusieurs hypothèses non exclusives se présentent :

- Comme nous avons pu le constater dans l'analyse des fiches de préparation, l'utilisation de la bande dessinée présentant deux avis contradictoires est très répandue. Les enseignants ont donc pu se tourner vers cette pratique par habitude.

- Enfin, comme cela est énoncé par une enseignante du groupe 3, la construction artificielle d'un conflit simplifie la préparation de la séquence ainsi que la gestion de la classe. Il n'est plus demandé aux élèves que de prendre parti et argumenter autour de l'une des deux affirmations de la situation de départ. Tandis que laisser à chaque élève la possibilité d'exprimer librement son idée demande un travail de gestion de classe beaucoup plus important : considération de toutes les propositions, analyse *in situ* d'éventuelles conceptions sous-jacentes, synthèse des différents courants de pensée et formation de groupes, animation du débat, etc.

### 2.4.1.3.3. La contextualisation du problème scientifique

La contextualisation du problème posé aux élèves, ainsi que sa pertinence par rapport au problème scientifique sous-jacent sont des questions fondamentales pour l'élaboration d'une séquence. Les fiches de préparation préalablement analysées avaient montré l'importance de la contextualisation du problème chez les auteurs, parfois aux dépens de la clarté du problème scientifique.

Plusieurs aspects ont émergé des discussions des différents groupes. On peut distinguer deux niveaux : les objectifs de l'enseignant en contextualisant le problème scientifique, et l'appréhension possible, par les élèves, du problème scientifique à travers la situation de départ.

#### *Objectif de la contextualisation, selon l'enseignant*

Uniquement dans le groupe 2, deux enseignantes explicitent leurs pensées : la situation de départ risque de brouiller le problème scientifique sous-jacent et poserait donc des problèmes de gestion de classe. Pour une autre, c'est une condition indispensable pour motiver les élèves. Elles cherchent donc une situation de départ qui réponde à un compromis entre ces deux objectifs : soutenir un problème scientifique clair et motiver les élèves.

#### **G2 : 1h20'**

- Mais est-ce qu'on peut pas tout simplement poser la question : « l'air a-t-il une masse ? » et les lancer comme ça. Parce que le problème des scénarios, c'est que souvent, on se prend la tête pour écrire un scénario qui soit à peu près cohérent et on s'aperçoit toujours que ça biaise la question parce que les enfants la comprennent pas forcément comme on la comprend, nous. Alors que si on pose directement la question, on est sûr de pas tomber à côté. Enfin... je sais pas...
- Je vois ce que tu veux dire.

- Parce que c'est vrai que c'est attirant tous ces scénarios. On en voit partout avec des BD, des machins... c'est beau mais...
- Mais quelques fois, c'est un peu le seul moyen pour qu'ils s'approprient un peu le... parce que moi, si je mets : « l'air a-t-il une masse ? », ouh ! Je peux attendre longtemps !
- [...]
- Je dis pas que c'est la bonne question ! Mais c'est simplement que quand on tourne autour de ce qu'on propose, on s'aperçoit qu'il y a d'autres problèmes sous-jacents.
- Mais ce que je disais la semaine dernière, j'ai vraiment besoin de les attirer dans la démarche.
- Oui, je comprends. Ça me paraît normal en fonction des publics qu'on a. Mais c'est d'autant plus difficile, c'est comment poser une question qui soit précise et claire mais qui en même temps attire leur attention.

### *Appréhension du problème scientifique par les élèves*

Dans deux groupes (G2, G3) se pose explicitement la question de l'appréhension du problème scientifique par les élèves, à travers la situation de départ.

Dans l'extrait suivant, les enseignantes du groupe 2 discutent de l'influence de la situation de départ sur la tournure de la séance et sur sa distance au problème scientifique. En posant une question sur les raisons de l'évolution de la masse d'une bouteille de plongée, elles sont conscientes que les élèves risquent de raisonner de manière « pratique » sur la consommation de l'air du plongeur.

#### **G2 : 1h30'**

- Faut qu'on parte de la question qu'on voudrait qu'ils se posent. La question qu'on voudrait qu'ils se posent, c'est... si on retire de l'air, c'est « plus lourd » ? « moins lourd » ? Donc « l'air a-t-il une masse ? »
- En gros, est-ce que dans mon récipient, quand je rajoute de l'air, il devient moins lourd ou plus lourd ? C'est une question assez simple qui...
- Là, ils vont se dire... qu'est-ce qui explique que la bouteille est lourde au départ et légère à la fin ? C'est la consommation.
- Là, on leur donne la réponse. On suggère la réponse en leur disant : « on a respiré, donc y a plus d'air dedans et on voit qu'elle est moins lourde ». Ou est-ce qu'on leur laisse la liberté de trouver la réponse ? Est-ce que quand on a fini sa plongée, la bouteille est plus lourde ou moins lourde ?

Le groupe 2 se décide finalement pour une autre formulation du problème. Les enseignantes souhaitent partir d'une expression « en avoir lourd sur les épaules », afin d'amener les élèves vers le problème scientifique de la masse de l'air. A la fin de la séance de travail, pendant la présentation de leur travail aux autres groupes d'enseignants, la porte-parole du groupe 2 décrit le déroulement



attendu de la phase d'appropriation du problème par les élèves. D'après l'extrait ci-dessous, les enseignantes du groupe 2 sont conscientes du fait que les réponses des élèves peuvent être très éloignées du problème physique (« ils nous diraient que c'est dû à la fatigue », etc.). Elles prévoient un recadrage vers le problème scientifique, mais celui-ci n'est pas effectué par elles-mêmes. Elles comptent en effet sur « un ou deux élèves » pour amener la question de l'air, sur laquelle elles rebondiraient pour affiner le problème. Se pose donc la question du rôle de l'enseignant dans la formulation d'un problème scientifique. Celui-ci devrait être précis et clair pour les élèves, afin que ces derniers puissent se l'approprier le plus facilement possible pour pouvoir mettre en place leur propre démarche, comme cela est indiqué dans les programmes.

### **G2 : 2h15'**

- [...] Et bref, quand on pose « j'en ai lourd sur les épaules », en y réfléchissant, on pense qu'ils nous diraient que c'est dû à la fatigue, qu'ils resteront coincés un petit bout de temps sur le fait qu'y a rien sur notre dos, donc ils voient pas trop d'où vient cette expression et puis un ou deux élèves qui proposent : « est-ce que l'air pèse quelque chose ? », « est-ce que ça serait ça ? » Donc on partirait de ça.

Entre la deuxième et la troisième séance de formation, une enseignante de ce groupe, qui s'était portée volontaire pour être filmée dans sa classe, nous a finalement annoncé qu'elle se désistait. La raison avancée était que l'expression « en avoir lourd sur les épaules » n'existe pas, ce qui l'amène à renoncer à traiter cette partie du programme sous la forme d'une démarche d'investigation. Pour cette enseignante, la situation de départ tient donc une place bien plus importante que le problème scientifique. Sans cette situation de départ, la séquence sur la masse de l'air ne peut plus, selon elle, être réalisée à travers une démarche d'investigation, alors que le problème scientifique, lui, est toujours présent, que cet item des programmes peut être atteint par un dépassement d'obstacles cognitifs, et que le problème de la masse de l'air se prête à une démarche hypothético-déductive.

### **SYNTHESE « PRISE EN COMPTE DES CONCEPTIONS »**

Plusieurs types de données (questionnaires, enregistrements d'une séance de travail) nous ont permis de suivre l'évolution de l'appropriation, par les enseignants, des savoirs et savoir-faire liés à la prise en compte des conceptions. Ces savoirs étaient : la notion de conceptions (ST), la notion de conflit cognitif (ST), le repérage des conceptions à partir de productions d'élèves (SF), le choix d'un objectif de connaissance que l'on peut atteindre par dépassement d'un obstacle cognitif (SF), la caractérisation de problèmes (SF), et de la formulation d'un problème favorable à la création d'un

conflit cognitif (SF). Dans la perspective d'un dialogue entre les enseignants et les prescriptions, favorisé par la formation, nous avons également été attentive aux problèmes soulevés par les enseignants quant à la mise en œuvre des savoir-faire.

Les idées des élèves ont été très peu évoquées au début de la formation – par quatre enseignants sur un total de vingt –, et ne semblent pas être considérées comme un élément essentiel, servant de base à l'élaboration d'une démarche d'investigation. On retrouve, cependant, chez certains enseignants, l'idée, plus ou moins clairement exprimée, de « schème de savoir », ou plus simplement, celle d'un mode de pensée ou de raisonnement. De plus, certains enseignants ont marqué une distinction entre une réponse d'élève et une conception, montrant ainsi une certaine maîtrise de la relation entre ces deux idées.

Les groupes de travail, au cours de la deuxième séance de formation, ont permis aux enseignants d'exprimer et d'échanger leurs points de vue sur les différentes notions abordées au cours de la première séance. Pendant l'élaboration de la séquence d'investigation, nous avons constaté que tous les groupes avaient évoqué la question des « idées » des élèves, à l'aide d'un vocabulaire varié (idées, représentations, perceptions, concepts). Le terme « conceptions » est celui qui est apparu le plus fréquemment au cours des discussions des quatre groupes et recouvre l'idée d'une tendance de raisonnement. On trouve également, dans le discours de certains enseignants, des explicitations de ce que signifie pour eux la notion de conception : les réponses des élèves sont désormais considérées comme des manifestations de ces conceptions. La persistance des conceptions après enseignement a constitué un sujet de discussion dans deux groupes : alors que certains enseignants considéraient qu'une conception pouvait être définitivement déstabilisée en une seule séance, d'autres jugeaient nécessaire de s'y pencher de nouveau, à travers de nouvelles situations, considérant qu'il n'était pas suffisant de s'attaquer à une seule de ses facettes pour la déstabiliser définitivement.

En fin de formation, les enseignants ont pu s'exprimer sur ce qui les avait particulièrement marqués sur l'ensemble de la session. Dans le questionnaire final, les conceptions ont été évoquées spontanément et plus fréquemment que dans le questionnaire initial, et les apports de la formation à ce sujet ont été jugés utiles et intéressants. De plus, le contexte dans lequel les enseignants utilisent le terme « conceptions » est de plus en plus précis.

Tout au long de la formation, quelques enseignants ont exprimé spontanément une volonté d'en savoir plus et d'avoir à disposition des outils efficaces, à la fois pour détecter les conceptions de leurs élèves, et pour élaborer une séquence qui puisse les déstabiliser. Il s'agirait donc pour nous, chercheurs et formateurs, d'explicitier encore ce que nous appelons « conceptions », notion que nous manipulons dans de nombreuses situations, mais dont la signification reste trop souvent implicite. Ce

travail faciliterait alors la compréhension et rendrait plus efficace la prise en compte de cette notion, par les enseignants, sur le terrain.

A travers nos différentes données, nous avons pu suivre, tout au long de la formation, l'évolution de la compréhension de la notion de conflit cognitif chez les enseignants, et la place qui lui est attribuée dans une démarche d'investigation.

En début de formation, nous avons relevé très peu de références spontanées à l'idée de déstabilisation de conceptions dans les questionnaires initiaux, alors qu'il s'agit d'un des objectifs d'une démarche d'investigation, telle qu'elle est décrite dans les programmes. Cela confirme les résultats de l'analyse de fiches de préparation, où très peu de problèmes posés permettaient le dépassement d'obstacles cognitifs. D'après les réponses au questionnaire, la finalité d'une déstabilisation de conceptions varie sensiblement d'un enseignant à l'autre. Pour l'un, il s'agit de faire prendre conscience aux élèves de leurs erreurs. Chez un autre enseignant, on trouve l'idée que les conceptions disparaissent définitivement lorsque l'expérience contredit les prévisions des élèves. La façon dont un troisième enseignant conçoit la déstabilisation des conceptions semble se rapprocher de la notion de conflit cognitif, en ce sens que la « réalité » est confrontée aux prévisions des élèves, ou à leurs « schémas intellectuels ». D'après les descriptions des séquences mises en place avant la formation, ce sont pourtant quatre autres enseignants qui ont effectivement formulé des problèmes visant à dépasser des obstacles cognitifs. A ce stade, les enseignants ne semblent donc pas encore avoir conscience de la place de ce type de problème dans une démarche d'investigation, et n'ont pas effectué une articulation cohérente entre leurs discours et leurs pratiques.

La deuxième séance nous a permis de suivre l'évolution du discours et des pratiques des enseignants quant à l'élaboration d'un problème favorable à la déstabilisation de conceptions. Malgré les apports théoriques de la première séance, seul un groupe de travail évoque le conflit cognitif, non seulement en ces termes, mais également en utilisant un vocabulaire qui s'en rapproche. Dans les autres groupes, nous n'avons relevé aucun vocabulaire lié à la déstabilisation d'obstacles cognitifs, même si leurs intentions d'élaborer un problème qui s'y prête sont présentes. Pour ces groupes, il semblerait donc que ce principe ait été intégré dans leurs pratiques, cet objectif de déstabilisation de conceptions restant implicite. Dans le discours des enseignants, nous avons également relevé des réflexions, plus ou moins en décalage avec la notion de conflit cognitif et ses objectifs. Les principales réflexions portent sur le rôle de l'expérience. Il semblerait que celle-ci ait, selon les enseignants, un rôle majeur dans le déroulement du conflit cognitif, en ce sens qu'elle suffit

à déstabiliser les conceptions des élèves et à les remplacer par les connaissances visées, par la seule constatation d'une contradiction.

Dans le questionnaire final, la déstabilisation de conceptions est abordée par un seul enseignant. Il est délicat de conclure sur ce résultat de fin de formation. Cela signifie-t-il que cela n'a pas intéressé les enseignants et que ces derniers ne l'ont pas intégré à leurs pratiques ? Faut-il revoir la présentation théorique des problèmes visant le dépassement d'obstacles cognitifs ? Il se pourrait également que les enseignants l'aient intégré dans leurs pratiques sans éprouver le besoin de l'explicitier. Les formulations finales des problèmes en fin de deuxième séance de formation ont bien montré qu'un effort avait été fait pour favoriser la déstabilisation des conceptions des élèves, alors que la majorité d'entre eux n'avaient pas explicité cette intention pendant toute la séance de travail.

Le questionnaire « conceptions » nous renseigne sur l'appropriation d'un des savoir-faire liés aux conceptions : la détection de conceptions à partir de productions d'élèves. Dans le questionnaire « conceptions », deux tiers des enseignants ont fait émerger des conceptions d'élèves à partir des réponses de ces derniers au questionnaire didactique. Nous avons noté un réel effort d'abstraction de la part de ces enseignants, menant à la formulation de modèles de raisonnement, préalablement mis en évidence par des recherches en didactique. Une petite moitié d'enseignants a interprété certaines réponses d'élèves uniquement du point de vue des lacunes ou incompréhensions de concepts censés être acquis, et qui leur auraient permis de répondre correctement.

Au cours de l'élaboration de la séquence d'investigation, tous les groupes de travail ont pris en compte les conceptions des élèves. En effet, selon tous les enseignants, l'objectif de connaissance visé par la séquence devait être atteint par la déstabilisation de conceptions qui lui étaient associées. Les quatre groupes ont consacré une part importante de la séance de travail au choix de l'item qui répondrait à cette condition. Ce constat tranche avec deux résultats préliminaires : les réponses des enseignants au questionnaire initial, où seuls quatre enseignants avaient évoqué les idées des élèves ; et les fiches de préparation, où tout item semblait pouvoir donner lieu à une séquence labellisée « démarche d'investigation ».

Le questionnaire « problèmes et démarches » nous permet de voir comment les enseignants réinvestissent les éléments théoriques abordés à la première séance quant à la caractérisation des problèmes. Sur les sept problèmes proposés, cinq caractérisations de problèmes semblent avoir posé peu de difficultés aux enseignants : le problème visant l'élaboration de la loi d'Ohm (« élaboration d'une loi »), celui ayant pour objectif l'interprétation du changement de position d'un rétroviseur

pour des personnes de tailles différentes (« interprétation d'un phénomène »), celui visant le positionnement d'une maison sur un terrain en fonction de plusieurs conditions (« mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait »), celui visant la mise en œuvre du test de reconnaissance de l'eau (« mise en œuvre d'un test »), et enfin, celui consistant en l'interprétation de la bouteille d'eau en verre cassée après avoir passé quelques heures au congélateur (« interprétation d'un phénomène »). En revanche, le problème portant sur la présence de lumière entre une source lumineuse et son impact sur un objet diffusant, a été considéré, par les trois quarts des enseignants, comme une étude de phénomène plutôt qu'une interprétation de phénomène. Et enfin, la moitié des enseignants ont considéré que le problème de la fiche portant sur les facteurs faisant varier les caractéristiques d'une ombre, était un problème de type « mise au point d'un dispositif en vue de produire un fait », focalisant ainsi leur attention sur la situation de départ (où un directeur artistique cherche à mettre au point des jeux d'ombres et de lumière), et non sur le problème scientifique posé par la suite (« Qu'est-ce qui fait varier la position, la forme et la couleur des ombres ? »), de type « étude d'un phénomène ».

En écho à nos questions de recherche, les enseignants ont laissé entrevoir, au cours de la séance de travail, leurs stratégies pédagogiques pour la formulation d'un problème favorisant la déstabilisation d'obstacles cognitifs. Au cours de leurs discussions, ils ont soulevé des questions quant à la mise en pratique d'un tel savoir-faire. Nous parlions, plus haut, du rôle prêté à l'expérience, par une grande partie des enseignants, dans le cadre d'un conflit cognitif : telle une « expérience cruciale », elle permettrait à la fois d'écarter les hypothèses des élèves découlant de conceptions erronées et de valider la connaissance visée. Nous avons constaté que ces enseignants avaient fait des choix pédagogiques traduisant cette représentation de l'expérience. En effet, les problèmes posés aux élèves sont pour la plupart mis en scène de la façon suivante : deux personnages aux points de vue différents s'affrontent. L'un des points de vue correspond à la « réponse correcte », c'est-à-dire à la connaissance visée, ou à une hypothèse ou à une prévision qui en découle et qui sera validée par l'expérience. L'autre point de vue a été imaginé par les enseignants à partir des conceptions des élèves. Il s'agit d'un raisonnement général, ou d'une hypothèse, ou d'une prévision en découlant. L'expérience doit alors permettre de trancher en rejetant l'idée de départ liée aux conceptions des élèves, et en confirmant, dans le même temps, celle qui deviendra la connaissance à acquérir. Cette mise en scène possède également l'avantage, selon les enseignants, de gérer plus simplement la séance, les élèves n'ayant plus qu'à prendre position pour l'une des deux propositions de la situation de départ élaborée par l'enseignant. Cela évite ainsi à ce dernier d'avoir à gérer les propositions d'élèves qu'il n'aurait pas anticipées.

A la fin de la séance de travail, un seul groupe retient finalement cette forme de contextualisation du problème. Les formulations finales des problèmes, chez les trois autres groupes, semblent favoriser la confrontation des différents points de vue des élèves, comme cela est suggéré dans les programmes. Les conflits cognitif et sociocognitif sont donc tous les deux représentés dans les discours des enseignants. Certains déclarent même avoir intégré ce nouvel élément dans leurs pratiques, ce qui est effectivement démontré par les intentions affichées à travers les formulations finales des problèmes.

Enfin, la contextualisation du problème a été explicitement abordée par la moitié des groupes. L'élaboration d'un « scénario » pour démarrer la séquence est considérée comme une phase importante dans la formulation du problème aux élèves. Selon les enseignants, la situation de départ a une double utilité : recouvrir un problème scientifique clair et motiver les élèves. Les discussions des enseignants ont montré qu'ils considéraient cet objectif difficile à atteindre. De plus, ils restent prudents quant à la mise en scène du problème. Les élèves peuvent, en effet, percevoir un tout autre « problème », fortement lié à la situation de départ, mais bien loin du problème scientifique que les enseignants souhaitent poser. Au cours d'une discussion dans la classe, les enseignants n'imaginent pourtant pas systématiquement effectuer eux-mêmes le recadrage vers le problème scientifique. Ils comptent parfois sur les interventions de certains de leurs élèves, plutôt que de préciser au préalable leur formulation du problème, afin de limiter les ambiguïtés une fois dans la classe.

### **2.4.2. 2<sup>e</sup> question de recherche : « Comment ont évolué, au cours de la formation l'appropriation et la mobilisation, par les enseignants, de la notion de démarche hypothético-déductive ? »**

#### **2.4.2.1. *Savoirs***

##### **2.4.2.1.1. La démarche hypothético-déductive**

Au cours de la première séance de formation, le questionnaire initial nous permet de recueillir les références spontanées des enseignants sur la démarche hypothético-déductive. Nous pouvons ainsi savoir, avant les apports théoriques, s'ils la considèrent comme un élément essentiel de la démarche d'investigation, si elle est évoquée dans son intégralité (formulation + test d'hypothèses) et s'ils confondent hypothèses et prévisions.

## Chapitre 2

Dans le questionnaire initial, la moitié des enseignants (P'4, P'5, P'6, P'8, P'12, P'14, P'15, P'18, P'19, P'20) font référence aux hypothèses. Il est cependant difficile de tirer des conclusions à partir de leurs réponses, étant donné qu'ils utilisent le terme mais n'explicitent pas le sens qu'ils lui donnent. Nous ne pouvons pas savoir s'il s'agit réellement d'hypothèses ou si l'emploi du terme cache une confusion avec la notion de prévisions. P'14 et P'15 associent les « hypothèses » à l'idée d'un test par l'expérience. Sans plus d'éléments, nous ne pouvons pas savoir s'il s'agit bien de la notion d'hypothèse ou de celle de prévision. Le tableau suivant présente toutes les réponses des enseignants qui contiennent le terme « hypothèse(s) » dans le questionnaire initial.

**Tableau 21 : réponses des enseignants relatives aux hypothèses, dans le questionnaire initial**

Q1 : <i>Qu'est-ce qui vous semble nouveau, important dans la démarche d'investigation telle qu'elle est préconisée dans les programmes de collège ?</i>	P'12 : Proposer des hypothèses P'15 : Valider ou invalider une hypothèse
Q2 : <i>Quelles sont les étapes qui caractérisent, selon vous, ce type de démarche ?</i>	P'4 : recherche / hypothèse en petits groupes P'5 : les élèves doivent formuler une hypothèse P'6 : hypothèse(s) P'8 : élaboration d'hypothèses P'14 : hypothèses à vérifier par l'expérimentation P'18 : formulation d'hypothèses P'19 : les hypothèses à formuler P'20 : hypothèse
Q3 : <i>Quels sont les points positifs de cette démarche ?</i>	P'5 : Les élèves travaillent beaucoup sur la rédaction du compte-rendu, sur la formulation de leur hypothèse.
Q4 : <i>Avez-vous mis en place des activités relevant de la démarche d'investigation ? Si oui, pouvez-vous en décrire une brièvement.</i>	P'6 : Je n'effectue jamais de vraies démarches d'investigation. J'utilise une situation déclenchante mais les phases de questions et d'hypothèses se font de façon commune et à l'oral.
Q5 : <i>Quelles sont les difficultés que vous avez rencontrées ?</i>	P'6 : C'est plus une appréhension sur [...] les difficultés que je pourrais rencontrer pour gérer la phase de recherche d'hypothèses et celle de proposition d'expérience. P'18 : Gérer les différents petits groupes qui n'avaient pas les mêmes hypothèses ni les mêmes expériences

Dans ce même questionnaire initial, nous avons également tenté de savoir si les enseignants qui évoquent la formulation d'hypothèses font aussi référence au test de ces hypothèses par l'expérience. La plupart des références à la formulation des hypothèses ont été faites en réponse à la question 2 (étapes caractérisant une démarche d'investigation), excepté pour P'12 et P'15 qui abordent ce sujet à la première question (nouveau d'une démarche d'investigation), uniquement. Le tableau suivant présente, dans la première colonne, les enseignants qui considèrent que la formulation d'hypothèses est une étape caractéristique de la démarche d'investigation. Dans une seconde colonne, nous indiquons leurs éventuelles références à un test de ces hypothèses.

**Tableau 22 : références à la formulation et au test d'hypothèses, dans le questionnaire initial**

	Formulation d'hypothèses	Test d'hypothèses
P'4	recherche / hypothèse en petits groupes	(Pas de test)
P'5	les élèves doivent formuler une hypothèse	(Pas de test)
P'6	hypothèse(s)	(Pas de test)
P'8	élaboration d'hypothèses	validation ou non d'une hypothèse dans une conclusion
P'12	proposer des hypothèses	(Pas de test)
P'14	hypothèses à vérifier par l'expérimentation	validation ou non des hypothèses formulées
P'15	valider ou invalider une hypothèse	
P'18	formulation d'hypothèses	(Pas de test)
P'19	les hypothèses à formuler	la vérification des hypothèses
P'20	Hypothèse	expérience – retour aux hypothèses

Sur les dix enseignants qui évoquent la formulation d'hypothèses, cinq la complètent par le test de ces hypothèses. Quatre d'entre eux (P'8, P'14, P'15, P'20) précisent que les hypothèses formulées peuvent être validées ou invalidées par l'expérience. P'18, quant à lui, parle de « vérification ».

Les enregistrements des discussions permettent de connaître l'évolution de l'appropriation, par les enseignants, de la notion de démarche hypothético-déductive. Nous observons dans un premier temps l'utilisation du vocabulaire lié à la démarche hypothético-déductive : la distinction entre hypothèse et prévision est-elle claire chez les enseignants ?

Le groupe 2 marque clairement la distinction entre une hypothèse et une prévision, à plusieurs reprises au cours de la discussion. Il travaille à l'élaboration d'une séquence d'investigation sur le thème de la masse d'un volume de gaz. La situation de départ choisie par les enseignantes met en scène deux plongeurs dont les avis diffèrent sur la masse d'une bouteille qui vient d'être remplie



d'air. Au cours des discussions, les enseignantes montrent clairement qu'elles ont fait la distinction entre une prévision (qu'elles appellent souvent « prédiction »), et une hypothèse. Elles abordent ce sujet à de nombreuses reprises, tout en déclarant qu'elles trouvent cette différence « subtile ». Cette différence l'est, particulièrement dans la situation qu'elles ont choisie, puisque la prévision et l'hypothèse sont très proches dans leur formulation. Les hypothèses seraient : l'air a une masse / l'air n'a pas de masse / l'air a une masse négative. Les prévisions seraient : la bouteille remplie pèse plus / autant / moins que la bouteille vide.

L'appartenance de la prévision au registre empirique semble également claire pour les enseignantes du groupe 2 : « Y a pas d'hypothèse. [...] Y a juste : je regarde expérimentalement, je vérifie expérimentalement ».

### **G2 : 1h30'**

- Mais là, est-ce qu'il y a une hypothèse à faire ? Non. Y a pas d'hypothèse. [...] Y a juste : je regarde expérimentalement, je vérifie expérimentalement. Donc là, y a pas d'hypothèse dans cette question-là.
- Formatrice : dans quelle question ?
- On prend un plongeur qui fait sa plongée et il sort de sa plongée et il se dit : « ah ! Ma bouteille est quand même moins lourde qu'avant ! » Et en fait, on se pose la question : « est-ce que l'air a une masse ? » Là, si on formule comme ça, les élèves ont pas d'hypothèses. Ils ont juste à vérifier que...

Bien qu'elle n'explicite pas ce qu'elle entend par « hypothèse », on peut noter, d'après le contexte dans lequel le terme est employé, qu'une enseignante place cette notion dans un autre registre, plus théorique, plus général : « *Mais pour qu'ils posent l'hypothèse « l'air a une masse »...* ». De plus, les enseignantes du groupe 2 montrent qu'elles se sont approprié l'importance de la formulation d'hypothèses dans une démarche d'investigation. On peut noter ici une certaine exigence quant aux programmes, qui peut être due à la première séance de formation, au cours de laquelle les instructions ont été explicitées et la démarche hypothético-déductive introduite.

### **G2 : 1h35'**

- Et puis, c'est une prédiction ça. J'enlève de l'air donc ça pèse moins lourd. [...]
- C'est ce qu'on avait aussi trouvé sur les bouteilles au départ parce que la question qu'on posait au départ, c'est... on dit : « elle est plus légère parce qu'on en a enlevé et elle est plus lourde parce qu'on a... » et en fait, à vérifier. Et donc si on vérifie, c'est que c'est une prédiction. [...]
- Mais pour qu'ils posent l'hypothèse « l'air a une masse »...
- C'est gênant ça, que ce soit une prédiction dans la démarche d'investigation ?
- Ben c'est pas une démarche d'investigation.

- Oui, c'est pas une DI. Il faut que ce soit une hypothèse.

Le groupe 1, sans comparer prévision et hypothèse, montre cependant que l'hypothèse a une dimension théorique et générale : « la masse se conserve ».

### **G1 : 40'**

- Parce que là, c'est pas possible [de] faire un [conflit cognitif] sans leur donner l'hypothèse. Là, forcément, si on en fait un, on pose l'hypothèse que la masse se conserverait éventuellement. [...]
- Mais du coup, on leur donne l'hypothèse. On leur donne l'hypothèse que la masse se conserve.

La confusion entre hypothèses et prévisions persiste, chez certains enseignants des groupes 3 et 4. Au sein du groupe 4, par exemple, les enseignants préparent une séquence sur la conservation de la masse au cours d'une dissolution. L'expérience au sujet de laquelle les élèves sont censés formuler des hypothèses et des prévisions consiste à peser une certaine masse d'eau et une certaine masse de sucre séparément, puis de peser la solution d'eau sucrée. Les hypothèses que les élèves peuvent formuler dans cette séquence sont : lors d'une dissolution, la masse se conserve / la masse ne se conserve pas. Les prévisions portant sur des conséquences des hypothèses sont les suivantes : la masse de la solution sucrée est égale / plus petite / plus grande que la somme des masses de l'eau et du sucre. Les enseignants ont imaginé ces trois prévisions possibles. Cependant, ils semblent encore confondre les notions d'hypothèses et de prévisions. Le terme « hypothèses » est, en effet, fréquemment employé pour désigner les différentes prévisions précitées.

Dans ce premier extrait, à ce stade de leur discussion, les enseignants ont choisi cette situation de départ : l'eau et le récipient ont une masse totale de 198 g, le sucre a une masse de 5 g, et la balance a une portée de 200 g. La question posée par les enseignants est la suivante : la balance peut-elle supporter la masse de la solution d'eau sucrée ? Ou bien va-t-elle afficher le message « erreur » ?

### **G4 : 45'**

- Mais de toute façon, le débat va porter après sur le fait de voir si les masses s'additionnent ou pas.
- Ça sera une des hypothèses qu'ils vont amener. [...]
- Alors... penser aux hypothèses des élèves. De toute façon, y a pas 15000...
- Moi, j'en vois que deux pour l'instant. Y a ceux qui ont l'esprit cartésien, qui vont dire : « ça fait 203, ça dépasse » et ceux qui disent que le sucre va disparaître et que ça dépassera pas.

Dans ce second extrait, les enseignants ont changé de situation de départ. Il s'agit désormais d'une personne faisant un régime, qui n'a plus droit qu'à 1 g de sucre avant la fin de la journée. A-t-elle le droit de mettre 2 g de sucre dans son thé ? On retrouve ici quelques confusions entre la notion d'hypothèse et de prévision.

### **G4 : 2h00'**

- Alors, les hypothèses possibles, par contre, on peut peut-être continuer : « non »...
- « Le sucre disparaît ».
- « Puis-je boire cette boisson ? » – « Oui, car le sucre disparaît », c'est la première hypothèse. [...]
- Ou alors, « le sucre est toujours là ».

Au sein du groupe 3, les enseignants considèrent que « il est apparu quelque chose » et « rien n'est apparu » lors de la combustion d'un morceau de charbon, sont des hypothèses, alors qu'il s'agirait plutôt ici de prévisions, en ce sens que ces propositions sont formulées pour être testées dans des conditions expérimentales particulières.

### **G3 : 2h05'**

- Donc on fait ça ? « J'ai fait brûler du charbon de bois, il n'y a plus rien dans le flacon, donc rien ne s'est formé » et de l'autre côté : « ce n'est pas parce que tu n'as rien vu que rien n'est apparu ». Hypothèses : il est apparu quelque chose / il n'est rien apparu.

### *La démarche hypothético-déductive dans son intégralité*

Nous sommes également attentive à la vision globale de la démarche hypothético-déductive chez les enseignants. Lorsque la formulation d'hypothèses par les élèves est évoquée, cette tâche est-elle assortie d'un test d'hypothèses ?

Dans trois des quatre groupes de travail (G1, G3, G4), on trouve des références à la démarche hypothético-déductive dans son intégralité. Non seulement les enseignants planifient une phase de formulation d'hypothèses mais comptent également faire tester ces hypothèses par leurs élèves à l'aide d'une expérience que ces derniers auront élaborée.

### **G1 : 1h20'**

- Disons que ce qui me gêne, c'est qu'on n'est pas dans le schéma classique. Y a une question, y a des hypothèses, ils font une expérience et l'expérience valide forcément, tu vois ?

- Oui mais c'est ça la démarche d'investigation ! Y a pas une expérience qui valide forcément. De même que quand tu fais une démarche d'investigation avec des groupes qui font des choses différentes, des fois, ça valide pas ! Y a des groupes qui valident pas.

### **G3 : 2h05'**

- Hypothèses : il est apparu quelque chose / il n'est rien apparu. Expériences : faut qu'ils trouvent le dioxygène enfermé dans un flacon et faire le test du dioxyde de carbone.

### **G4 : 2h30'**

- Deuxième séance : les expériences commencent et chaque élève teste et arrive à sa conclusion en fonction de son hypothèse.

Nous savons que les enseignantes du groupe 2 souhaitent que le problème qu'elles vont poser à leurs élèves leur permette de formuler des hypothèses. Mais elles sont conscientes que les quelques formulations qu'elles proposent tout au long de la séance de travail amènent les élèves à formuler des prévisions, plutôt que des hypothèses. Le groupe 2 consacre une majeure partie la séance à la formulation du problème et au choix de la situation de départ. Nous avons donc peu d'informations sur le déroulement de la séance et plus particulièrement sur leurs intentions en termes de démarche à mettre en place pour résoudre le problème. Dans l'extrait suivant, elles font part de ces difficultés aux autres groupes, en fin de séance.

### **G2 : 2h15'**

- On s'est rendu compte très rapidement que quand on propose une expérience avec un ballon dégonflé où ils trouvent tout seuls qu'il faut gonfler le ballon ou l'histoire des bouteilles où il faut enlever l'air, en fait, ce qu'on leur demande de faire, c'est pas une hypothèse mais de faire une prévision puisque l'expérience, ils l'ont déjà devant eux. Donc pour trouver une expérience comme ça, où ils posent directement l'hypothèse, on n'y est pas arrivé.

Dans les réponses au questionnaire final, nous avons tenté de savoir si les apports théoriques sur les hypothèses et les prévisions, abordées en première séance de formation, ainsi que leur mise en pratique en deuxième séance de formation, avaient marqué les enseignants, et s'ils avaient éventuellement fait évoluer leurs pratiques en ce sens. Aucune question ne visait explicitement à faire s'exprimer les enseignants sur les hypothèses. Parmi les 15 questionnaires recueillis, nous n'avons trouvé aucune référence particulière à la démarche hypothético-déductive. Seuls trois enseignants font référence aux démarches en sciences de manière générale. P'11 a jugé intéressant

les « présentation et explication des différentes démarches » au cours de la première séance de formation. P'12 affirme avoir modifié ses pratiques en ce sens qu'il « laisse davantage les élèves dans une autonomie de réflexion afin qu'ils acquièrent une démarche scientifique ». Mais il ne précise pas ce qu'il entend par « démarche scientifique ». Et enfin, P'4 semble terminer la formation avec une vision confuse des démarches en sciences. Il considère, en effet, que « la frontière entre démarche expérimentale et DI est parfois difficile à établir ».

### 2.4.2.2. **Savoir-faire**

Pour réaliser la tâche consistant en l'élaboration d'une situation-problème, les enseignants doivent formuler un problème qui réponde à trois conditions : 1/ le choix d'un objectif de connaissances des programmes pouvant être atteint par un dépassement d'obstacles cognitifs, la formulation d'un problème à la fois 2/ favorable à la création d'un conflit cognitif, et 3/ pouvant être résolu par une démarche hypothético-déductive. La première question de recherche portait sur la gestion des deux premières conditions par les enseignants. Il s'agit ici d'analyser la façon dont les enseignants s'y prennent pour respecter la troisième condition.

#### 2.4.2.2.1. **Formulation d'un problème menant à une démarche hypothético-déductive**

Dès le questionnaire initial, c'est-à-dire avant les apports théoriques sur la démarche hypothético-déductive, nous pouvons savoir si le problème que les enseignants ont posé à leurs élèves, lors de la séquence d'investigation que nous leur demandons de décrire (question 4), permet la mise en place de ce type de démarche.

En effet, les enseignants étaient invités à décrire une séquence d'investigation éventuellement mise en place avant la formation. Le tableau 23 regroupe toutes les réponses des enseignants, classées selon le type de problèmes posés aux élèves.

**Tableau 23 : « Avez-vous mis en place des activités relevant de la démarche d'investigation ? Si oui, pouvez-vous en décrire une brièvement ? »**

**Réponses des enseignants à la question 4 du questionnaire initial et classification des problèmes**

<p><b>Non</b> n = 3</p>	<p>P'6 : Je n'effectue jamais de vraies démarches d'investigation. J'utilise une situation déclenchante mais les phases de questions et d'hypothèses se font de façon commune et à l'oral. P'12 : Non. J'attendais la formation. P'17 : Non.</p>		
<p><b>Pas sûr</b> n = 3</p>	<p>P'8 : Plus ou moins mais sans certitude de réaliser une vraie démarche, non certaine de poser un vrai problème point de départ de la démarche P'10 : J'essaie. P'19 : En 4<sup>e</sup>, j'ai essayé de tenter une DI sur la masse de l'air. Remarque : depuis la mise en place de la DI au collège, j'ai eu principalement des classes de 3<sup>e</sup> (car temps partiel) donc je l'ai très peu expérimentée en 5<sup>e</sup> et en 4<sup>e</sup>.</p>		
<p><b>Oui</b> n = 12</p> <p><b>Types de problèmes</b> (Hacking)</p>	<p><b>Représentation</b> n = 3</p>	<p>P'2 : Electricité 5<sup>e</sup>. En partant d'une BD, les élèves arrivent à la question suivante : « l'ordre des dipôles a-t-il une influence sur le fonctionnement d'un circuit série ? »</p>	<p>→ ETUDE D'UN PHENOMENE</p>
		<p>P'9 : 4<sup>e</sup> : loi des tensions (activité : « on a déchiré mon cours »)</p>	<p>→ ELABORATION D'UNE LOI</p>
		<p>P'18 : Conservation de la masse en 4<sup>e</sup> : citation de Lavoisier : « rien ne se perd, rien ne se crée ». Cette affirmation est-elle valable ? On venait de voir l'action de l'acide sur la craie (on avait aussi étudié les différentes combustions.)</p>	<p>→ ELABORATION D'UNE LOI</p>
	<p><b>Intervention</b> n = 7</p>	<p>P'1 : Oui. 5<sup>e</sup> ⇒ une diapo avec deux verres remplis apparemment d'eau et en dessous, un commentaire : « j'ai préparé un verre d'eau et un verre d'eau salée pour la cuisine. Je les ai mélangés. Comment les identifier ? »</p>	<p>→ MISE EN ŒUVRE D'UN TEST</p>
		<p>P'3 : « Comment faire pour mesurer le volume d'un objet ? » Des élèves ont vu qu'on mesurait les volumes des liquides avec une éprouvette auparavant et ils doivent trouver comment faire pour un objet. (j'en ai fait d'autres mais je ne sais pas si ce sont des DI)</p>	<p>→ MISE AU POINT D'UN DISPOSITIF DE MESURE</p>
		<p>P'13 : Oui. 5<sup>e</sup> : distribution d'un dessin représentant les faisceaux lumineux provenant des phares d'une voiture la nuit + distribution d'une lampe de poche pour se rendre compte que l'on ne voit pas les faisceaux lumineux. Que faut-il pour visualiser un faisceau lumineux ?</p>	<p>→ MISE AU POINT D'UN DISPOSITIF EN VUE DE PRODUIRE UN FAIT</p>

## Chapitre 2

		P'14 : En classe de 5 <sup>e</sup> : recueil du CO <sub>2</sub> d'une eau pétillante. Travail en petits groupes sur une situation déclenchante.	→ MISE AU POINT D'UN DISPOSITIF EN VUE DE PRODUIRE UN FAIT
		<p>P'15 : Oui. Sur la filtration : « comment obtenir une eau limpide », en 5<sup>e</sup>.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Situation-problème : mon personnage est dans la jungle et il n'a que de l'eau boueuse (KING KONG)</li> <li>2. Réaliser un schéma pour résoudre le problème + validation du prof</li> <li>3. Observation – interprétation – conclusion, avec le début des phrases (j'ai vu que... cela veut dire que...)</li> </ol>	→ MISE AU POINT D'UN DISPOSITIF EN VUE DE PRODUIRE UN FAIT
		<p>P'16 : Classe de 5<sup>e</sup> : « obtenir une eau limpide » (en 2h)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Présentation de 3 échantillons d'eau : eau limpide, eau de mer, eau de rivière (boueuse)</li> <li>– Problématique : « comment donner à l'eau boueuse l'aspect des deux autres ? »</li> <li>– Recherche de protocole par groupe de 2</li> <li>– Mise en œuvre des expériences (en regroupant les protocoles identiques)</li> <li>– Comparaison des résultats, mise en commun, discussion</li> <li>– Conclusion</li> </ul>	→ MISE AU POINT D'UN DISPOSITIF EN VUE DE PRODUIRE UN FAIT
		P'20 : TP : « mesure du volume d'un caillou » : mise en situation par des bulles de bande dessinée, puis expérience à expliquer par écrit ou par oral au prof, réalisation, compte-rendu... Je leur donne un caillou différent pour chaque groupe et à la fin, ils doivent avoir trouvé le volume.	→ MISE AU POINT D'UN DISPOSITIF DE MESURE

Trois enseignants (P'2, P'9, P'18) décrivent une séquence qui se prête à la mise en place d'une démarche hypothético-déductive par les élèves.

**P'2 :** « *Electricité 5<sup>e</sup>. En partant d'une BD, les élèves arrivent à la question suivante : « l'ordre des dipôles a-t-il une influence sur le fonctionnement d'un circuit série ? » »*

La démarche induite par le problème posé dans la séquence de P'2 est hypothético-déductive. Les hypothèses sont limitées à deux possibilités : l'ordre des dipôles a une influence / n'a pas d'influence sur le fonctionnement d'un circuit série. Pour tester ces hypothèses, il est possible de mettre en place ce protocole : monter plusieurs dipôles en série, essayer plusieurs arrangements et mesurer la tension et l'intensité à différents endroits du circuit, pour chaque arrangement.

**P'9 :** « *4<sup>e</sup> : loi des tensions (activité : « on a déchiré mon cours ») »*

P'9 se contente de préciser la connaissance visée (« loi des tensions ») ainsi que le niveau auquel elle correspond (4<sup>e</sup>). Il ne décrit pas lui-même la séquence mais donne le titre de sa fiche de préparation : « On a déchiré mon cours ». Il s'agit d'une fiche mise en ligne sur le site de l'Académie de Versailles<sup>14</sup>. Il est demandé aux élèves de reconstituer deux phrases à partir de morceaux d'un cours qui a été déchiré :

- « Dans un circuit composé d'un générateur et de deux lampes en série, // la tension aux bornes du générateur // est égale à la somme // des tensions aux bornes des lampes. »
- « Dans un circuit composé d'un générateur et de deux lampes en dérivation, // la tension aux bornes du générateur // est égale à // la tension aux bornes des lampes. »

Les hypothèses sont donc présentes dans la situation de départ. (Notons que les morceaux de phrases présentés aux élèves ne peuvent grammaticalement pas être arrangés autrement.) Les élèves doivent donc les tester par l'expérience, ou plutôt les « vérifier ».

De plus, les protocoles sont presque entièrement décrits dans la fiche élève puisque les morceaux de phrases parlent de « circuit composé d'un générateur et de deux lampes en série », et de « circuit composé d'un générateur et de deux lampes en dérivation ». Les élèves sont ensuite invités à faire les schémas de l'expérience. L'auteur de la fiche a également prévu de distribuer aux élèves une fiche technique « comment mesurer la tension électrique », qui décrit le fonctionnement du voltmètre et ses règles de branchement dans le circuit pour réaliser une mesure de tension.

Il est donc laissé ici très peu d'autonomie et d'initiatives aux élèves, que ce soit pour la phase de formulation d'hypothèses ou pour l'élaboration de protocoles.

---

<sup>14</sup> <http://www.phychim.ac-versailles.fr/spip.php?article235>



**P'18 :** « Conservation de la masse en 4<sup>e</sup> : citation de Lavoisier : « rien ne se perd, rien ne se crée ». Cette affirmation est-elle valable ? On venait de voir l'action de l'acide sur la craie (on avait aussi étudié les différentes combustions.) »

Le problème posé par P'18 reprend une partie de la loi de conservation de la matière de Lavoisier : « Rien ne se perd, rien ne se crée » et demande aux élèves de vérifier sa validité. P'18 ne précise pas comment la question de la conservation de la masse, et plus particulièrement au cours d'une transformation chimique, est amenée aux élèves. Il s'agit ici de tester deux hypothèses possibles sur l'évolution de la masse au cours d'une transformation : la masse se conserve / la masse ne se conserve pas. Nous ne pouvons pas savoir dans quelle mesure l'enseignant guide les élèves vers la formulation de ces hypothèses, étant donné que la question de la masse n'apparaît pas dans le problème posé. Pour tester ces hypothèses, les élèves peuvent proposer de peser un bocal hermétiquement fermé contenant de l'air et un morceau de charbon en train de brûler, de peser un bocal hermétiquement fermé contenant de la craie et de l'acide chlorhydrique au cours de la transformation, etc.

Au cours de la deuxième séance, les enseignants se penchent sur l'énoncé d'un problème qui favorise la mise en œuvre d'une démarche hypothético-déductive. Les groupes 2 et 4 cherchent une formulation qui invite les élèves à proposer des hypothèses, et non seulement des prévisions. Ils abordent alors la question de l'autonomie du point de vue de la formulation des tâches que devront exécuter les élèves. Les discussions au sein des groupes permettent de dégager l'idée que les enseignants se font de cette phase. La compréhension imprécise de la notion d'hypothèse – notamment la confusion avec la notion de prévision – entraîne parfois la formulation d'instructions vagues qui n'incitent pas les élèves à aller au-delà de la formulation de prévisions, limitées au problème contextualisé.

Dans le groupe 2, par exemple, après que la formatrice a présenté la conception des jeunes enfants selon laquelle plus un objet est volumineux, plus il est lourd, une enseignante s'inquiète de ce qu'elle peut finalement attendre de cette séance : avec un ballon de football dégonflé en situation de départ, les élèves penseraient donc tous qu'en le gonflant, il pèserait forcément plus lourd. La formatrice insiste alors sur l'importance de l'argumentation des prévisions des élèves et montre le lien avec l'hypothèse de la masse de l'air. Elle insiste donc sur le rôle de l'enseignant dans l'explicitation des tâches demandées aux élèves. L'enseignant doit également leur faire sentir la cohérence entre les différents éléments d'une démarche hypothético-déductive : hypothèses, prévisions, protocole, observation d'un événement qui confirme ou infirme l'hypothèse.

### **G2 : 1h20'**

- Oui, mais de toute manière, si ils disent que le ballon plus gros est forcément plus lourd...
- Formatrice : mais ça dépend. Si ils vous disent : « il est plus gros parce que j'ai rajouté de l'air et mon hypothèse, c'est que l'air a une masse », faites leur faire l'expérience. Elle est parfaite. Mais soyez sûres que c'est la bonne hypothèse qui commande cette expérience.
- Faudrait juste rajouter : « il est plus gros parce qu'il y a plus d'air ».

Quant aux enseignants du groupe 4 (conservation de la masse lors d'une dissolution), ils concluent, sans l'aide de la formatrice, à l'importance de la formulation de tâches précises dans le problème à poser aux élèves. Ils sont donc conscients que, pour que les élèves arrivent à formuler l'hypothèse de la conservation de la masse, il ne suffit pas de répondre à une question de départ anecdotique. A ce stade de la discussion, ils pensent alors à préciser leur problème en ajoutant une demande de justification des réponses des élèves, plus théorique.

### **G4 : 1h20'**

- Le problème, c'est que la question posée, si on attend d'eux qu'ils répondent par oui ou par non, ça suffit pas. Parce qu'effectivement, si ils dépassent la capacité, ils vont dire : « ben non » mais ils iront pas jusqu'à la conservation de la masse. [...]
- Faut rajouter « pourquoi », faut justifier.
- Justifier, bien sûr. Justifier « parce qu'on dépasse la capacité », c'est pas assez précis.

A la fin de la deuxième séance de formation, les quatre groupes présentent à tour de rôle leurs travaux : formulation du problème et ses justifications, et éventuellement, le déroulement de la séquence. Dans ces présentations, nous considérons que la formulation du problème a fait l'objet d'un consensus par l'ensemble des enseignants de chaque groupe. Nous essayons alors de savoir si la formulation finale du problème permet la mise en place d'une démarche hypothético-déductive par les élèves. Le tableau suivant regroupe les formulations finales des problèmes posés par chacun des groupes.

**Tableau 24 : formulations finales des problèmes des quatre groupes de travail**

G1	On va écrire la question au tableau dès le début : « comment la masse totale évolue-t-elle au cours d'une transformation chimique ? » [...] Ensuite on les mettrait en groupes et on leur demanderait de proposer une expérience pour justifier leur réponse mais on leur dirait d'utiliser la réaction entre l'acide chlorhydrique et la craie, pour entre guillemets leur imposer une expérience, parce que sinon, ils pourraient vraiment proposer beaucoup de choses. »
----	---

G2	Et Isabelle [ <i>une enseignante du groupe 2, NDR</i> ] nous a proposé de partir sur une expression française du type : « j'en ai lourd sur les épaules » pour travailler dessus et qu'ils fassent eux-mêmes l'hypothèse que l'air a une masse ou l'air n'a pas de masse.
G3	Donc on proposait de faire deux bulles : « j'ai fait brûler du charbon de bois, il n'y a plus rien dans le flacon » et « ce n'est pas parce que tu n'as rien vu que rien n'est apparu ».
G4	On a pensé à un thé avec une dosette de sucre de 2 g. Et la question est : « je fais un régime. Il me reste 1 g de sucre à ingérer. Est-ce que je peux boire cette boisson ? » [...] Donc ensuite, on laisse travailler un peu les élèves en groupes. Ils proposent des hypothèses. [...] les élèves ensuite, se penchent sur le protocole et le matériel.

Le problème du groupe 1 donne la possibilité aux élèves de formuler plusieurs hypothèses, qui devront par la suite être testées par l'expérience. Ce problème est donc favorable à la mise en place d'une démarche hypothético-déductive. De plus, les hypothèses ne sont pas présentes dans la formulation du problème et ce dernier n'influence pas les élèves dans une direction particulière. En fonction de leurs idées, ces derniers pourront formuler : la masse diminue / est constante / augmente. Quant au protocole, les enseignantes choisissent d'imposer la réaction chimique (acide chlorhydrique + craie) mais laissent aux élèves la liberté de la méthode et du matériel.

Le groupe 2 souhaite introduire le problème de la masse de l'air avec l'expression « j'en ai lourd sur les épaules ». Les enseignantes prévoient une discussion autour de cette expression et s'attendent à ce que les élèves fassent progressivement émerger la question de la masse de l'air. Deux hypothèses peuvent alors être formulées par les élèves : l'air a une masse / l'air n'a pas de masse, et peuvent être, par la suite, testées par l'expérience. Alors que les enseignantes souhaitent utiliser l'expression « j'en ai lourd sur les épaules » dans un sens littéral, on peut s'attendre à ce que les élèves ne fassent pas immédiatement référence à l'air qui les entoure. Nous pouvons donc penser que les enseignantes vont devoir recadrer la discussion autour de cette expression et fortement guider les élèves vers la formulation d'hypothèses relatives à la masse de l'air. Nous n'avons aucune indication sur les intentions des enseignantes quant à l'élaboration des protocoles par les élèves. Ayant changé de situation de départ plusieurs fois au cours de la séance de travail, elles n'ont pas eu le temps d'aborder l'étape d'élaboration de protocoles pour ce dernier problème.

A travers la situation de départ du groupe 3, les élèves sont implicitement invités à prendre position pour l'une ou l'autre des assertions. Aucun problème précis n'est formulé. Il est censé émerger de cette situation. Les hypothèses vont porter sur l'apparition ou non de produits au cours d'une combustion. Par manque de temps, la réflexion des enseignants sur la formulation des hypothèses quant à la nature de ces produits n'a pas pu aboutir. Nous ne connaissons pas non plus leurs intentions pédagogiques quant à la phase d'élaboration de protocoles.

Pour répondre au problème de la vie courante posé par le groupe 4, les élèves doivent obligatoirement passer par la formulation et le test d'une hypothèse : la masse totale se conserve / ne se conserve pas au cours d'une dissolution. Ce problème est donc favorable à la mise en place d'une démarche hypothético-déductive. Les élèves devront alors formuler des hypothèses en petits groupes. La situation de départ ne les influence dans aucune direction particulière, ni pour les hypothèses, ni pour les protocoles.

### *2.4.2.3. Problèmes soulevés par les enseignants*

D'un point de vue pédagogique, les programmes invitent les enseignants à endosser le rôle de guide des élèves dans leur propre démarche. Ils doivent ainsi respecter une certaine autonomie de leurs élèves. Nous nous intéressons ici à la façon dont les enseignants mettent en pratique cette directive : comment prévoient-ils de gérer cette nouvelle répartition des responsabilités ? A quels moments choisissent-ils d'intervenir ? Dans l'optique d'un dialogue entre les enseignants et les directives, nous sommes donc attentive au processus de « réélaboration », expression utilisée par Mayen & Savoyant (2002), c'est-à-dire, ici, à la façon dont les enseignants adaptent les prescriptions en fonction de leurs projets pédagogiques, tout en tenant compte de contraintes de natures variées (matériel, temps, gestion de la classe, etc.). Nous nous intéressons ici aux stratégies pédagogiques que les enseignants projettent de mettre en place dans leurs classes, à différentes étapes d'une démarche d'investigation, et plus particulièrement à la façon dont ils conçoivent la répartition des rôles entre l'enseignant et les élèves. La formulation de ces intentions par les enseignants eux-mêmes nous apportent donc un éclairage sur la façon dont ils mettent en œuvre des démarches hypothético-déductives.

Lors de la deuxième séance de formation, avant d'aboutir aux formulations définitives de leurs problèmes, les enseignants ont soulevé, au cours de leurs discussions, quelques unes des difficultés qu'ils pouvaient rencontrer lors de la formulation d'un problème pour une démarche d'investigation (voir plus loin pour plus de détails, 4<sup>e</sup> question de recherche). Parmi elles, l'incapacité supposée des élèves à être autonomes les amène à élaborer des stratégies pour les influencer à la fois dans la formulation d'hypothèses et dans l'élaboration de protocoles.

#### *2.4.2.3.1. Présence des hypothèses dans la situation de départ*

Le choix de la contextualisation du problème est au cœur de ces stratégies. Bien que les enseignants souhaitent que les hypothèses n'apparaissent pas explicitement dans la situation de départ, cette dernière doit être formulée de façon à inspirer aux élèves la formulation d'une ou de plusieurs hypothèses. De nombreux passages de leurs discussions montrent leur travail de dosage de l'information présente dans la situation de départ, afin de laisser aux élèves une part d'autonomie qu'ils considèrent suffisante. Le dialogue ci-dessous, extrait d'une discussion au sein du groupe 3, travaillant sur le thème des combustions, illustre cette réflexion.

### **G3 : 1h55'**

- Je disais que ce qui me posait souci, c'est que si on leur fait la manip avant...
- Si tu montres la manip, si tu plonges le charbon de bois, ben après, il reste quoi à trouver ? Que le test du dioxyde de carbone. Mais t'as mâché la moitié du travail. Protocole, hypothèse, t'as pratiquement tout fait. Non mais on peut juste poser la question, même sans photo, rien du tout, là maintenant...
- Et pourquoi on peut pas les induire à aller dans le sens où on va, tu sais ? Sur le principe de la bulle : Machin, il pense que, et moi je pense que.
- Ben oui, ça peut être pas mal ça.
- Du coup, t'as forcément... tu les induis quand même mais t'as forcément tes deux hypothèses, chacun peut se ranger dans un camp...
- Oui, et tout le monde peut faire quelque chose.

En revanche, cette stratégie ne semble pas convenir aux enseignantes du groupe 2. Elles peinent à formuler une situation de départ dans laquelle les hypothèses n'apparaîtraient pas de manière trop évidente. Dans l'extrait suivant, les enseignantes tentent d'affiner le problème qu'elles comptent poser à leurs élèves. Elles hésitent encore entre une situation de départ mettant en scène deux élèves jouant au football avec un ballon dégonflé, ou deux plongeurs discutant de la masse d'une bouteille de plongée remplie d'air. Certaines enseignantes sont gênées par le fait que l'hypothèse de la masse de l'air soit trop apparente dans les deux situations de départ.

### **G2 : 1h35'**

- Comment leur faire poser : « l'air a une masse » ? ça veut dire qu'il faut les mettre face à un problème où ils sont obligés de se dire : « pour expliquer ça, il faut que l'air ait une masse ».
- Et est-ce que ce serait gênant qu'on leur dise que c'était liquide ? Qu'ils savent que le liquide va peser ? Et comme au cours de la plongée, il va y avoir une consommation...
- Mais le problème, c'est qu'on leur donne déjà la réponse. Dans l'exemple, y a déjà l'hypothèse, comme pour le ballon. [...]

- Mais c'est aussi compliqué que de trouver la question parce que effectivement, il faut pas qu'on tombe dans l'hypothèse déjà formulée dans la question et ça, c'est super dur.

### 2.4.2.3.2. Choix de l'expérience

L'un des principes de la démarche d'investigation est de permettre aux élèves d'élaborer eux-mêmes un protocole expérimental. Nous avons pu remarquer que certains enseignants souhaitaient intervenir dans le choix de l'expérience que les élèves auront à réaliser. De plus, dans les quatre groupes, les expériences qu'ils planifient d'imposer ou de suggérer aux élèves sont les « exemples d'activités » proposées par les programmes depuis plusieurs années (M.E.N., programmes du collège, 2005, 2007).

Dans le groupe 1, par exemple, travaillant sur la conservation de la masse totale au cours d'une transformation chimique, les enseignantes font rapidement (après 30 minutes, sur 2h30 de discussion au total) référence à une expérience proposée par les programmes (craie + acide chlorhydrique) (M.E.N., programmes du collège, 2007, p. 126)<sup>15</sup> puis essaient de formuler un problème à partir de cette expérience. Leurs discussions montrent qu'elles souhaitent imposer cette réaction chimique à leurs élèves. Dans l'extrait suivant, elles s'adressent aux autres enseignants, en fin de séance.

#### **G1 : 2h20'**

- Ensuite on les mettrait en groupes et on leur demanderait de proposer une expérience pour justifier leur réponse mais on leur dirait d'utiliser la réaction entre l'acide chlorhydrique et la craie, pour entre guillemets leur imposer une expérience, parce que sinon, ils pourraient vraiment proposer beaucoup de choses.

Le groupe 2 fait également référence à une expérience suggérée par les programmes : le « dégonflage ou gonflage d'un ballon à volume constant associé à la mesure de sa masse » (M.E.N., programmes du collège, 2007, p. 124). Les enseignantes ont, en effet, commencé par élaborer une situation de départ faisant intervenir un ballon de football dégonflé. Plus tard, se rendant compte de la difficulté supplémentaire que pose la variation du volume, elles optent finalement pour des bouteilles, permettant de garder un volume constant.

#### **G2 : 25'**

---

<sup>15</sup> « Exemples d'activités : Illustration de la conservation de la masse sur l'exemple de la réaction, en flacon étanche, du carbonate de calcium avec de l'eau acidifiée. »

## Chapitre 2

- Moi, cette année, j'avais une petite histoire. Y a 3 garçons qui jouent au foot. Y en a un qui dit qu'il faut gonfler le ballon, il s'envole pas, etc. et puis y en a un qui dit : « ben non, si tu le gonfles, il va être trop léger ». Et en fait, à la fin, je leur demande « qui a raison ? Est-ce que vous pensez que le ballon va être plus léger, plus lourd ou va avoir la même masse ? » et j'en ai les trois quarts qui pensent qu'il va être plus léger, en fait, alors qu'on rajoute des choses à l'intérieur. [...]
- Ça, ça pourrait être la situation déclenchante.

La situation de départ imaginée par le groupe 3 met en scène deux élèves en désaccord sur l'interprétation des résultats d'une expérience, la combustion d'un morceau de charbon de bois dans un flacon. Ainsi, les enseignants incitent fortement les élèves à reprendre directement l'expérience de la situation de départ, expérience elle aussi tout à fait classique, et proposée par les programmes : « Combustion du carbone (morceau de fusain) dans le dioxygène, test du dioxyde de carbone, précipité de *carbonate de calcium* » (M.E.N., programmes du collège, 2007, p. 125).

### **G3 : 2h20'**

- [...] on proposait de faire deux bulles : « j'ai fait brûler du charbon de bois, il n'y a plus rien dans le flacon » et « ce n'est pas parce que tu n'as rien vu que rien n'est apparu ».

Enfin, le groupe 4 fait immédiatement référence à la dissolution du sucre dans l'eau, dès qu'il aborde l'item des programmes de la conservation de la masse au cours d'une dissolution, comme cela est suggéré par les programmes : « Dissolution d'une masse donnée de « sucre » dans un volume donné d'eau : réalisation d'une nouvelle pesée après dissolution » (M.E.N., programmes du collège, 2007, p. 117). Les enseignants suggèrent d'ailleurs cette manipulation (la dissolution de sucre dans l'eau), dans la suite de la discussion, à travers la situation de départ : une personne au régime souhaite savoir si elle peut mettre 2 g de sucre dans son thé, alors qu'elle n'a plus droit qu'à 1 g avant la fin de la journée. Les élèves gardent cependant la responsabilité du reste du protocole, soit proposer de comparer la somme des masses du thé et du sucre avec la masse de la solution sucrée.

### **G4 : 10'**

- Je suis assez d'accord pour identifier les concepts des élèves, pour se baser là-dessus, c'est-à-dire : démarrer sur ce que pensent les élèves pour pouvoir élaborer notre problème. [...]
- Alors... je crois que c'est ce que tu disais tout à l'heure aussi, les problèmes entre la dissolution et fondre. [...] Et effectivement, faut qu'ils comprennent que le morceau de sucre a pas disparu.

Quelques enseignants des groupes 3 et 4 expriment clairement leur conscience de l'influence que peut avoir la situation de départ sur les protocoles des élèves. Nombre de leurs interventions portent sur la construction de la situation de départ afin que celle-ci laisse aux élèves un minimum d'autonomie dans l'élaboration de leur protocole.

### **G3 : 1h55'**

- Je disais que ce qui me posait souci, c'est que si on leur fait la manip avant...
- Si tu montres la manip, si tu plonges le charbon de bois, ben après, il reste quoi à trouver ? Que le test du dioxyde de carbone. Mais t'as mâché la moitié du travail. Protocole, hypothèse, t'as pratiquement tout fait. Non mais on peut juste poser la question, même sans photo, rien du tout, là maintenant...

D'après l'extrait ci-dessous, un enseignant du groupe 4 voit également un certain inconvénient à proposer une situation de départ décrivant une expérience trop précisément car les élèves risquent de vouloir la reproduire telle quelle. La situation de départ que les enseignants proposent semble assurer aux élèves une certaine d'autonomie pour formuler des hypothèses et élaborer un protocole.

### **G4 : 1h30'**

- On peut dire par exemple 10 g [*masse de sucre à laquelle a droit la personne de la situation de départ, NDR*] et on a 2 morceaux de sucre qui font 6 g chacun. Donc « est-ce que je les mets dans le café ? Est-ce que je peux les mettre tous les deux ou pas ? »
- Moi, je trouve ça pas mal. Je trouve ça presque mieux parce qu'on leur indique aucun protocole, on leur parle pas de balance.
- Ah ben là, y a plus de balance.
- On les met pas dans une situation précise qu'ils risquent de calquer, de s'empêtrer là-dedans et après, c'est à nous de... moi, je la trouve pas mal, je la trouve presque plus simple.

#### 2.4.2.3.3. Choix du matériel

Les enseignants prévoient également d'intervenir dans la phase d'élaboration de protocoles, au moment où les élèves doivent préciser le matériel dont ils ont besoin pour réaliser leur expérience. Les enseignants avancent plusieurs raisons à ces interventions et s'y prennent de différentes manières.

#### *Estimation des capacités des élèves*



Pour la plupart, les enseignants considèrent que cette phase est difficile pour les élèves. Pour limiter la difficulté, certains enseignants choisissent de jouer sur la situation de départ, à travers laquelle les élèves pourront trouver des « idées » de protocoles.

Le groupe 2 (masse de l'air), par exemple, considère que le passage que doivent opérer les élèves entre un certain type de matériel dans la situation de départ (*ballon de foot*) et un autre type de matériel pour le test d'hypothèse (*bouteille*) est trop difficile pour eux. Les enseignantes limitent alors les protocoles possibles en suggérant aux élèves de calquer leur protocole sur la situation de départ.

### **G2 : 1h25'**

- [...] Et en partant sur l'idée des bouteilles, avec des bouteilles de plongée, on peut pas faire un truc du genre : [...] « ah, ben maintenant qu'elles sont vides, elles sont quand même plus légères. Tout à l'heure, elles étaient pleine d'air et... » Je sais pas... je suis pas sûre que... c'est pour l'histoire de la bouteille. Parce que si on part sur des ballons, ils attendent forcément des ballons. [...]
- Je sais pas. Parce que c'est vrai qu'avec un scénario de foot, on part sur des ballons. Et leur dire : « au lieu de prendre des ballons, on va prendre des bouteilles », en fonction du public, ça peut...
- Oui, et puis ils feront pas forcément le lien. Parce qu'ils ont toujours l'idée que le ballon gonfle, donc prend du volume.

Non seulement le matériel représenté dans la situation de départ doit correspondre au matériel que les élèves devront utiliser, mais l'utilisation de ce matériel doit aussi être la même. Si on gonfle un ballon dans la situation de départ, les élèves devront gonfler un ballon pour tester leur hypothèse. Si une bouteille de plongée se vide dans la situation de départ, les élèves devront enlever l'air d'une bouteille d'eau en plastique pour tester leur hypothèse. Tout ce qui peut dévier, même légèrement, de la situation de départ pose question aux enseignants. Pour le groupe 2, la situation de départ est donc très riche en informations sur le protocole que devront élaborer les élèves, ce qui laisse finalement à ces derniers peu de marge de manœuvre.

### **G2 : 1h35'**

- Donc l'idée d'Isabelle, c'était de prendre deux plongeurs, un peu comme le ballon. Sauf que cette fois-ci, ça implique comme matériel, que t'as des bouteilles et puis la pompe.
- Sauf que c'est complètement à l'envers de l'exemple [*des ballons, NDR*] parce que là, on va leur proposer d'enlever de l'air... enfin... c'est à eux de faire le lien entre enlever de l'air, rajouter de l'air.

Dans le groupe 1, les enseignantes prévoient que la grande majorité des élèves ne pensent pas à utiliser un bouchon pour éviter la dispersion du gaz formé. Elles pensent alors à poser le matériel sur leur paillasse, dont un flacon et un bouchon, pour les influencer vers le protocole « correct ». *(Elles abandonneront finalement cette idée.)*

### **G1 : 1h40'**

- Mais on n'a pas redit si on montrait du matériel ou pas. Donc non ?
- Ben on avait dit que non, finalement. On les laisse vraiment...
- Donc y a quand même moins de chance qu'il y ait des gamins qui pensent au bouchon.
- Mais sans leur montrer, on pourrait mettre un bouchon sur un flacon qui contient la craie et l'acide. Ils en auront un sous les yeux. Alors après, est-ce que ça va les faire... c'est pas dit, mais ça peut, pour certains, leur faire dire « tiens, faut peut-être mettre un bouchon ».

Quant au groupe 4 (conservation de la masse au cours d'une dissolution), il considère que les élèves ne sauront pas gérer une expérience nécessitant de tarer la balance. Le matériel est donc imposé pour contourner la difficulté de cette tâche.

### **G4 : 1h00'**

- [...] On prend un verre de montre, on met le sucre, on prend juste la masse de sucre. [...]
- Non, un morceau de sucre, c'est plus simple. Ça évite le problème de la tare, justement. Y a pas besoin de récipient.
- Des morceaux de sucre, bien. Ah mais non, parce qu'il faut qu'ils prennent la masse du sucre.
- Ben oui. Tu poses le morceau de sucre sur le plateau. Y a pas de soucoupe.

Quant aux enseignants du groupe 3, ils semblent gênés par l'idée de suggérer du matériel dans la situation de départ. Une grande partie de leur discussion porte sur l'élaboration d'une situation de départ qui laisserait une certaine autonomie aux élèves pour la phase d'élaboration de protocoles. La formulation finale de leur problème, en fin de séance, montre qu'ils ne sont pas parvenus à éviter cette manière de suggérer le protocole.

### **G3 : 2h00'**

- Mais le flacon, tu le présentes au début ? A la fin de l'expérience ? Une fois que le matériel a brûlé ? ça veut dire que tu donnes le matériel sur le schéma, quoi, sur la photo. [...]
- C'est ça le problème. Si tu dis : « qu'est-ce qui reste dans le flacon à la fin », ça veut dire que tu présentes deux petits personnages en train de faire l'expérience. En même temps, voilà...
- Oui, mais ça revient à montrer l'expérience toi-même.

### *Risque de renforcement d'une conception*

Dans les groupes 1 et 2, quelques enseignants avancent des choix de gestion de classe qui les amènent à imposer une partie du protocole aux élèves. Pour le groupe 1, la volonté d'imposer du matériel a failli entraîner le renforcement d'une conception non directement liée à la connaissance visée. Quant au groupe 2, le matériel est imposé pour éviter de renforcer une autre conception, qui pourrait se manifester dans une autre situation.

Les enseignantes du groupe 1 visent l'acquisition de la connaissance « la masse totale se conserve au cours d'une transformation chimique ». Elles souhaitent déstabiliser l'idée des élèves selon laquelle la balance afficherait une masse plus faible à la fin de la transformation, et ce, pour deux raisons : certains élèves peuvent penser qu'une partie ou l'ensemble des réactifs est « détruit » ; et, dans ce type de réaction précisément, au cours de laquelle un gaz se forme, certains élèves ont tendance à considérer qu'un gaz ne pèse rien. Pour déstabiliser ces idées, quelques enseignantes souhaitent alors que leurs élèves mettent en place un protocole qu'elles ont déjà imaginé : peser le flacon au tout début de la transformation chimique (à l'instant où les réactifs entrent en contact) puis à la fin de la transformation chimique. C'est cet aspect du protocole qui va finalement déboucher sur des choix de gestion de la séance qui risquent de renforcer une autre conception : la conception « agent / patient », associée à la transformation chimique entre des réactifs dans des états physiques différents (liquide / solide). La question de départ étant « comment évolue la masse totale au cours d'une transformation chimique ? », il serait équivalent de peser le flacon tout au long de la transformation. Les enseignantes y viendront finalement un peu plus tard dans la discussion.

Partant du principe qu'il faut peser le flacon avant et à la fin de la transformation, quelques enseignantes, pour gagner du temps au cours de la séquence, souhaitent donc que le temps qui va s'écouler entre le début et la fin de la transformation chimique entre la craie et l'acide chlorhydrique soit le plus court possible pour que la fin de cette transformation soit facilement détectable par les élèves, afin qu'ils sachent quand peser leur flacon. Elles proposent donc de mettre un des réactifs largement en défaut et choisissent la craie. On peut alors se demander si elles raisonnent, à cet instant, comme les élèves ou si le choix de ce réactif est arbitraire. Dans tous les cas, elles ne réalisent pas qu'elles risquent de renforcer la conception selon laquelle, dans ce type de transformation, la craie « subit » l'action de l'acide, ce qui implique que seule la craie disparaît. Cette

conception agent-patient avait déjà été abordée au cours de la première séance de formation. Une des enseignantes souligne cette difficulté.

### **G1 : 1h15'-1h20'**

- Puisqu'on parle de la réaction chimique, si on reprend la théorie de la réaction chimique, c'est bien qu'il y a un des constituants qui a disparu. Donc en fait, il faudrait mettre pas beaucoup de craie et eux, ils pourraient dire, si à un moment ils voient qu'y a plus de craie, ils peuvent dire que la réaction est terminée.
- Si à ce niveau-là, on ne parle que de transformation chimique, c'est justement pour éviter... si y a ça dans les nouveaux programmes, c'est justement pour penser qu'il peut y avoir réaction chimique même si le réactif disparaît pas complètement. [...]
- Ben pour qu'ils sachent quand peser en fait. Pour qu'ils aient l'idée de peser une fois que la réaction est terminée. [...]
- Mais normalement, s'ils ont bien compris le concept de réaction chimique dans les chapitres précédents, euh... de transformation chimique, parce qu'il y a toute la subtilité, dans les transformations chimiques qui ont été vues dans les chapitres précédents, y a pas forcément eu disparition totale d'un des réactifs.
- [...] Mais il faut quand même qu'y en ait un qui disparaisse complètement pour que la réaction s'arrête. [...]
- Mais pour la conservation de la masse, il faut que la réaction s'arrête.
- Non, on aurait pu le faire pendant que ça continue. [...]
- Donc c'est vrai que de ce point de vue là, la phrase est mal posée, parce qu'on dit « au cours d'une transformation chimique » et pas « à la fin d'une transformation chimique ».

D'autres enseignantes, dans le groupe 2 (masse de l'air), ont choisi d'imposer un certain type de matériel pour éviter le renforcement d'une conception. Dans l'extrait suivant, elles hésitent entre deux situations de départ qui impliqueraient du matériel recouvrant des enjeux différents : un ballon de football ou des bouteilles de plongée. Au cours d'une discussion sur le ballon de football, la formatrice les avertit d'une conception présente chez les jeunes enfants : plus un objet est volumineux, plus il est lourd. Les enseignantes, mises en garde, commencent à se tourner vers l'utilisation de bouteilles, pour éviter le renforcement de cette conception. En effet, les élèves pourraient conclure que le ballon de football gonflé est plus lourd parce qu'il est plus gros. Cependant, en choisissant le matériel pour limiter les paramètres en jeu dans cette expérience, les enseignants réalisent une part importante du travail à la place des élèves : la séparation des variables.

### **G2 : 1h15'**

- Est-ce qu'on trouve que c'est vraiment gênant qu'il y ait l'histoire du volume qui change aussi ou pas ?

- Mais du moment qu'ils comprennent que l'air est pesant, je vois pas en quoi ça pose problème. [...] Le fait d'avoir un ballon dégonflé ou gonflé, en quoi ça poserait problème étant donné que la question c'est : est-ce que ça va être plus lourd ou plus léger ?
- C'est pas que ça pose un problème. C'est que visuellement, on fait en plus changer un autre paramètre physique. Pour la suite, quand tu vas faire PV... enfin, tu le fais pas au collège mais... [...]
- Personnellement, moi, je fais juste la pesée du ballon, en fait, légèrement dégonflé. On vide l'air qu'y a dedans, tu le gonfles et tu fais la pesée. Donc l'air a une masse. [...]
- Moi, ce que je veux, c'est juste qu'ils comprennent que l'air est pesant. Que le volume ait quelque chose à voir là-dedans, ça m'est égal. [...]
- Formatrice : les petits... je sais pas si c'est vrai au collège mais les petits pensent que, parce que c'est plus gros, alors c'est plus lourd. Ça, je sais que ça a été identifié chez les petits. [...]
- Ah, qu'ils disent pas : « ben c'est normal ! Le ballon est plus gros donc c'est plus lourd. » [...]
- Justement, l'histoire des bouteilles... le ballon, on voit pas l'intérieur. On n'est pas certain de ne pas modifier le volume. Alors que les bouteilles, c'est plus évident. C'est plus visuel.

### 2.4.2.3.4. Phase de mise en commun

Parmi les quatre groupes, seul le groupe 4 fait part de ses intentions de mettre en place une phase de présentation et de discussion des hypothèses de chaque groupe d'élèves avec le reste de la classe, comme cela est indiqué dans le canevas de la démarche d'investigation. Il s'agit d'une étape de réflexion supplémentaire pour les élèves, qui leur permet de poser un regard critique sur les productions de leurs camarades, ainsi que sur les leurs. L'enseignant anime cette discussion et fait ressortir les hypothèses « farfelues » afin d'éviter aux élèves de perdre du temps sur la suite de la démarche hypothético-déductive. Leurs intentions sont explicitées dans l'extrait suivant :

#### **G4 : 50'**

- Généralement, par groupe, ils réfléchissent, ils font un certain nombre d'hypothèses etc. Moi, je sais que, quand je faisais des démarches d'investigation, je les envoyais au tableau groupe par groupe. Ils critiquaient. Chaque groupe critiquait celui qui était au tableau et si on arrivait à... c'est-à-dire que tout le monde a clairement démontré que ce que raconte celui qui est au tableau est pas bon, on enlève, ou éventuellement on fait vite fait... mais on va pas s'embêter avec des hypothèses qui tiennent pas la route, quoi.
- Oui, farfelues.
- Ou alors, on montre vite fait que c'est pas possible. Et si y a ambiguïté, si y a pas d'avis sur la question, on garde. Et on testera après.

Deux groupes (G1, G4) prévoient une phase de mise en commun et discussion des protocoles proposés par les différents groupes d'élèves.

Le groupe 1 (conservation de la masse totale au cours d'une transformation chimique) choisit de programmer cette étape après la réalisation des expériences par les élèves et une première tentative d'analyse de leurs résultats. Les enseignantes s'attendent à ce que les élèves n'aient pas pensé à boucher le flacon et trouvent alors une masse plus faible à la fin de la transformation. Leur intervention consiste donc à guider les élèves dans la prise de conscience du fait que du gaz s'est échappé, et qu'avec un tel protocole, ce n'est pas la masse totale qui a été mesurée. Comme le montre l'extrait suivant, dans lequel les enseignantes présentent leurs travaux aux autres groupes de travail, la démarche dans laquelle elles souhaitent guider les élèves pour mettre en évidence le dégagement gazeux est inductive. En effet, alors que l'observation des élèves devait porter sur l'évolution de la masse, les enseignantes souhaitent qu'ils s'expriment, *a posteriori*, sur ce qu'ils ont observé d'« autre ». Elles attendent d'eux qu'ils abordent le phénomène des bulles pour les amener à parler d'un dégagement gazeux.

L'explicitation de ce que signifie « masse totale » a donc lieu après que les élèves ont élaboré un protocole inadapté à la question de départ, plutôt qu'en amont, au cours de la phase de reformulation et d'appropriation du problème. Certains élèves auraient éventuellement pu comprendre, avant de réaliser l'expérience, ce que cela pouvait impliquer dans l'élaboration du protocole. Il semblerait que ces enseignantes pensent que la clarification de ce que signifie la « masse totale » dès le début de la séquence influence trop fortement le protocole expérimental que pourraient proposer les élèves : ainsi, ils penseraient tous à boucher leur flacon. Or il s'agit seulement de préciser les termes de la question de départ, de rendre le problème posé le plus clair possible pour tous les élèves, afin qu'ils puissent construire leur propre démarche pour y répondre.

### **G1 : 2h20'**

- [...] Et en fait, notre séquence s'étalerait sur deux séances parce que le gros risque, là, comme on leur impose pas le matériel, c'est que très peu vont penser à mettre un bouchon. Donc ils vont tous trouver que la masse diminue, enfin... beaucoup vont trouver que la masse diminue. Donc à la fin de la séance, on leur fait confronter leurs expériences. Donc soit y a un groupe qui aura eu l'idée de mettre le bouchon et dans ces cas-là, la masse resterait constante, soit y a aucun groupe qui le propose et dans ce cas-là, on leur demande ce qui s'est passé d'autre. Donc ils nous disent qu'il y a eu des bulles, éventuellement un dégagement gazeux, et leur dire : « est-ce que vous avez vraiment respecté tous les critères qu'on vous demandait ? Est-ce que vous avez pesé le gaz qui se formait ? » Et donc là, ils réfléchissent pour la séance d'après.

Le groupe 4 propose une organisation différente. Les enseignants prévoient que la critique des protocoles ait lieu avant la phase de réalisation des expériences. Après discussion au sein de chaque groupe d'élèves, la confrontation avec les propositions des autres groupes constitue une occasion supplémentaire pour, à la fois, préciser la justification de son protocole, et anticiper et régler des difficultés techniques qui pourraient apparaître au cours de la manipulation. Par exemple, ces enseignants s'inquiètent de l'utilisation éventuelle d'un agitateur par les élèves : penseront-ils à le peser ? S'ils le sortent de la solution, risquent-ils d'emporter un peu d'eau sucrée et de faire ainsi diminuer la masse de la solution sur la balance ? etc.

### **G4 : 1h00'**

- Voilà : « communication à la classe des conjectures, des hypothèses et des éventuels protocoles expérimentaux proposés »<sup>16</sup>. Donc peut-être que le débat, il va s'instaurer à ce moment-là, avant peut-être même qu'ils le fassent.
- Oui. Ils pourront critiquer leurs protocoles. Le coup de l'agitateur pourra peut-être se régler à ce moment-là aussi. [...]
- Donc là, il faut faire une mise en commun, avant qu'ils passent à la réalisation pratique.

Deux positions se dessinent à travers ces deux groupes. Dans l'un (G1), l'enseignante laisse beaucoup de liberté aux élèves dans l'élaboration du protocole et la réalisation de l'expérience, puis guide les élèves dans une « autocorrection » de l'ensemble de leur démarche à partir des résultats de l'expérience. Dans l'autre groupe (G4), l'enseignant accompagne les élèves dans leurs réflexions à travers un débat qu'il anime, avant la phase de manipulation.

### **SYNTHESE « DEMARCHE HYPOTHETICO-DEDUCTIVE »**

Nos différentes données, recueillies tout au long de la formation, nous ont permis de suivre l'appropriation et la mobilisation, par les enseignants, de la notion de démarche hypothético-déductive. Il s'agissait de savoir si les apports théoriques avaient permis aux enseignants de faire la distinction entre une prévision et une hypothèse, et de considérer la démarche hypothético-déductive dans son intégralité. Du point de vue des savoir-faire, nous cherchions à savoir si les enseignants repéraient des problèmes qui permettent la mise en place de ce type de démarche, si les problèmes qu'ils posent effectivement à leurs élèves favorisent la mise en place d'une démarche hypothético-déductive. Enfin, nous avons observé comment les enseignants élaboraient leurs

---

<sup>16</sup> L'enseignant lit l'étape 3 du canevas de la démarche d'investigation.

propres stratégies à partir de ces savoirs et savoir-faire et des contraintes auxquelles ils peuvent être confrontés (temps, matériel, gestion de la classe, etc.). Nous avons notamment cherché à savoir, d'un point de vue pédagogique, dans quelle mesure les enseignants interviennent auprès des élèves lorsque ces derniers sont censés disposer d'un minimum d'autonomie.

Dans le questionnaire initial, la moitié des enseignants ont considéré que la formulation d'hypothèses était une nouveauté instaurée par les programmes à travers la démarche d'investigation, et constituait une des étapes clé de cette démarche. Il est difficile, à ce stade de la formation, de s'avancer sur la signification que recouvre le terme « hypothèses » utilisé par ces dix enseignants. Son sens n'étant pas explicite, nous ne pouvons pas savoir s'ils parlent effectivement d'une hypothèse au sens strict, ou s'il y a confusion avec la notion de prévisions, comme cela était le cas dans une partie des fiches de préparation recueillies sur les sites des académies. Parmi ces dix enseignants, seule la moitié évoque la démarche hypothético-déductive dans son intégralité, en ce sens que le test par l'expérience fait suite à la formulation d'hypothèses par les élèves.

Au cours de la deuxième séance de formation, consacrée à l'élaboration d'une séquence d'investigation, nous avons tenté de savoir si les enseignants s'étaient approprié la distinction entre les notions d'hypothèse et de prévision. Cette distinction a été clairement faite dans deux groupes de travail, alors que quelques confusions persistaient dans les deux autres. La démarche hypothético-déductive a été envisagée dans son intégralité par trois groupes, c'est-à-dire une phase de formulation d'hypothèses suivie d'un test de ces hypothèses par l'expérience. Le groupe restant a rencontré des difficultés à formuler un problème qui favorise la formulation d'hypothèses et non de prévisions. Deux groupes ont également évoqué le rôle de l'enseignant dans la phase d'appropriation du problème par les élèves : si le problème posé suggère la formulation de prévisions, l'enseignant doit demander aux élèves de les argumenter.

Enfin, les enseignants avaient l'occasion de s'exprimer sur la démarche hypothético-déductive en fin de formation, bien qu'aucune question n'ait particulièrement porté sur ce type de démarche. Aucun enseignant n'a spontanément abordé ce sujet. Trois enseignants ont cependant évoqué les démarches scientifiques de manière plus générale. L'un dit avoir apprécié les apports théoriques à ce sujet ; un autre affirme avoir fait évoluer ses pratiques dans le sens d'une plus grande autonomie laissée à ses élèves, qui leur permettrait, selon lui, d'« *acquérir* » une démarche scientifique » ; le troisième fait preuve d'une compréhension plus confuse, affirmant avoir encore des difficultés à situer la démarche d'investigation par rapport à « la démarche expérimentale ».



Parmi les descriptions des séquences d'investigation mises en place par les enseignants avant la formation, quatre semblent fondées sur une démarche hypothético-déductive (trois de ces enseignants n'utilisant pourtant pas le mot « hypothèse » dans le questionnaire initial). Les problèmes posés par ces quatre enseignants nous renseignent sur leurs intentions pédagogiques. Deux d'entre eux laissent peu d'initiatives aux élèves, en proposant des situations de départ où les hypothèses et/ou les protocoles sont fortement suggérés. Un autre enseignant présente un problème d'une manière peu précise par rapport à l'objectif de connaissance visé. Sa formulation n'invite pas les élèves à formuler des hypothèses pour le résoudre. On imagine plutôt que l'enseignant va les guider, au cours d'une discussion, vers la nécessité de formuler des hypothèses et de les tester. Enfin, le dernier enseignant formule un problème plutôt technique, dont la résolution s'appuie sur la formulation et le test d'hypothèses. Il semblerait également que les élèves puissent prendre des initiatives au cours de cette démarche.

Les problèmes finalement formulés par les quatre groupes au cours de la deuxième séance de formation sont tous favorables à la mise en place d'une démarche hypothético-déductive. Les stratégies pédagogiques sous-jacentes diffèrent d'un groupe à l'autre. Ces réflexions constituent une part active des enseignants dans le dialogue que nous avons essayé de favoriser dans le cadre de cette formation, entre les enseignants et les textes prescripteurs. Elles nous apportent de nombreuses informations, autres que la seule appropriation des savoirs et des savoir-faire. Elles portent principalement sur la répartition des rôles entre l'enseignant et les élèves, en vue de laisser à ces derniers une autonomie suffisante pour mettre en œuvre leur démarche.

Les enseignants prévoient des interventions auprès de leurs élèves à des étapes clé de la démarche hypothético-déductive. Tous les groupes, pendant la deuxième séance, ont débattu autour de la question de la présence ou de la forte suggestion des hypothèses dans la situation de départ, sous la forme d'une opposition entre deux réponses possibles au problème posé, permettant ainsi aux élèves de prendre parti pour l'une des deux issues. Trois groupes vont finalement choisir de ne pas faire apparaître les hypothèses dans la situation de départ, tandis que l'autre groupe présente son problème sous la forme d'un dialogue entre deux personnages aux points de vue opposés.

Les enseignants ont également un rôle majeur dans le choix de l'expérience qui sera réalisée par les élèves. En effet, les quatre séquences élaborées au cours de cette séance de travail se sont construites à partir des « exemples d'activités » suggérés par les programmes (M.E.N., 2007). Dans le cadre des séquences élaborées, le choix *a priori* de l'expérience par l'enseignant limite considérablement les initiatives des élèves quant à l'élaboration d'un protocole. Deux problèmes, dans leur formulation finale, invitent les élèves à « imiter » l'expérience de la situation de départ,

tandis que les deux autres ne suggèrent aucun protocole expérimental, laissant ainsi une plus grande autonomie aux élèves.

Tous les groupes ont également estimé que le choix du matériel par les élèves constituait une tâche difficile pour eux. Tous les enseignants se sont posé la question de la suggestion ou de l'imposition du matériel à travers la situation de départ, afin de limiter les difficultés à cette étape de la démarche. Ces choix pédagogiques quant au matériel ont, pour deux groupes, failli entraîner un renforcement de conceptions des élèves. En fin de séance, seul un groupe a finalement choisi de faire apparaître du matériel dans la formulation de son problème.

Enfin, les phases de mise en commun des hypothèses et des protocoles proposés par les élèves ont été planifiées par un groupe pour les hypothèses et deux groupes pour les protocoles. Pour ces deux derniers, les stratégies diffèrent : l'un prévoit une discussion avant la manipulation ; l'autre la programme après, en guise de critique des résultats et amélioration *a posteriori* des protocoles.

### **2.4.3. 3<sup>e</sup> question de recherche : « Quels autres aspects de la démarche d'investigation ont attiré l'attention des enseignants ? »**

Les questionnaires initiaux et finaux, à travers des questions ouvertes, donnent la possibilité aux enseignants d'exprimer leurs idées sur la démarche d'investigation. A travers les différentes questions, nous pouvons repérer les aspects de la démarche d'investigation qui ont retenu leur attention.

D'après ces deux questionnaires, les caractéristiques de la démarche d'investigation, autres que les savoirs et savoir-faire abordés au cours de la formation, qui ont marqué les enseignants sont majoritairement d'ordre psychopédagogique. Dans le questionnaire initial (QI), les enseignants abordent la nouvelle place attribuée à l'élève. On retrouve, en effet, dans les réponses de plusieurs enseignants, l'idée de « l'élève-acteur », considérée comme une des grandes nouveautés de la démarche d'investigation (n = 6).

P'1 (QI – Q1) : Elle met davantage les élèves dans un rôle d'acteur que de consommateur.

P'19 (QI – Q1) : On part de ce que l'élève propose et on construit le cours à partir de ça, c'est l'anti-cours « magistral ».

Les phases de discussion ou de débat qui ont lieu dans la classe entre les élèves, mais aussi entre les élèves et l'enseignant sont également citées comme une des nouveautés de la démarche d'investigation (n = 1), et comme un aspect positif de cette démarche (n = 7).

P'1 (QI – Q1) : Elle développe d'échange

P'13 (QI – Q3) : Echanges entre groupes d'élèves afin de trouver une solution au problème

Un enseignant (P'19) annonce, dans le questionnaire final (QF), qu'il souhaite, depuis la formation, modifier ses pratiques en proposant plus d'échanges entre les élèves. Cependant, nous ne savons pas s'il compte le faire dans le cadre de démarches d'investigation.

P'19 (QF – Q4) : J'aimerais modifier davantage ma manière d'enseigner en amenant les élèves à se questionner davantage, en créant des débats ou des discussions sur des sujets scientifiques et environnementaux (pollution, nucléaire, réchauffement climatique, développement durable, etc.).

L'autonomie des élèves dans le travail à mener dans ce type de séquence a particulièrement marqué les enseignants, avant le début de la formation. Deux enseignants la considèrent comme une nouveauté dans les programmes. Neuf enseignants voient, quant à eux, des difficultés dans cette répartition des rôles entre enseignant et élèves (P'18, P'20). Dans le questionnaire final, quatre enseignants reviennent sur cette question en affirmant que la formation leur a permis de modifier leurs pratiques en ce sens (P'9).

P'18 (QI – Q5) : Gérer les différents petits groupes qui n'avaient pas les mêmes hypothèses ni les mêmes expériences, laisser certains groupes se tromper.

P'20 (QI – Q5) : Gestion de la classe et aide aux questionnements des élèves sans trop leur dire la réponse. J'ai parfois un système de joker pour les mettre sur le chemin mais les groupes d'à côté voient les groupes qui ont commencé l'expérience.

P'9 (QF – Q4) : J'ai débuté avec une vision assez magistrale du cours de physique (ce que j'avais vécu comme élève de lycée), et la principale modification est de chercher à rendre les élèves autonomes lors des activités en classe (au lycée en tout cas).

Enfin, la question de la motivation des élèves est également un élément qui a particulièrement intéressé les enseignants avant la formation. Cependant, leurs idées divergent. En effet, pour la moitié d'entre eux ( $n = 10$ ), la démarche d'investigation semble avoir été perçue comme une réelle source de motivation et de valorisation des élèves :

P'3 (QI – Q3) : L'élève est valorisé lorsqu'il « réussit » à répondre.

## Chapitre 2

P'4 (Q1 – Q3) : L'élève construit lui-même sa propre progression, son projet de réalisation. Il répond aux questions que lui se pose, et non à celles qu'on lui impose.

Six enseignants (P'1, P'2, P'3, P'9, P'10, P'15) y voient, au contraire, des difficultés, dont ils ont fait l'expérience dans leurs classes, telles que l'accessibilité ou le manque de motivation de certains élèves. Parmi eux, on trouve deux enseignants (P'1, P'3) qui y voyaient pourtant un aspect positif *a priori*.

P'2 (Q1 – Q5) : Certains élèves sont déconcertés car ils n'ont pas de protocole bien défini à suivre et deviennent passifs.

P'3 (Q1 – Q5) : Certains élèves qui partent battus d'avance en disant qu'ils n'y arriveront pas seuls.

Les enseignants font aussi spontanément référence à ce que la démarche d'investigation implique en termes d'efficacité de leurs enseignements. Quatre d'entre eux considèrent cette démarche plus efficace qu'un cours « classique », notamment en ce qui concerne l'appropriation des savoirs par les élèves, et l'élaboration des protocoles.

P'2 (Q1 – Q3) : Les élèves sont davantage acteurs de la construction de leurs savoirs et acquièrent plus facilement et plus durablement des connaissances.

P'8 (Q1 – Q3) : L'élaboration d'un protocole par les élèves qu'ils s'approprient et retiennent plus facilement.

Enfin, six enseignants (dont P'16) ont rencontré des difficultés au niveau de la gestion du temps, lorsqu'il s'est agi de mettre en place, dans leur classe, une séquence d'investigation :

P'10 (Q1 – Q5) : J'ai du mal à gérer le temps. La mise au travail est trop longue.

P'16 (Q1 – Q5) : Manque de temps pour analyser vraiment tous les protocoles.

### **SYNTHESE « ASPECTS PSYCHOPEDAGOGIQUES »**

Les enseignants ont donc jugé positifs certains aspects de la démarche d'investigation, avant le début de la formation. Ceux-ci sont majoritairement d'ordre psychopédagogique, tels que l'autonomie que cette nouvelle méthode invite à laisser aux élèves pour l'élaboration de leur propre démarche de résolution d'un problème, ou encore les échanges qu'elle prévoit à différentes étapes de la séquence, entre les élèves, mais aussi entre les élèves et l'enseignant. La démarche d'investigation a également été jugée positive par son efficacité, supposée plus grande que celle d'un

cours classique, les élèves s'approprient plus facilement ce qu'ils réalisent par eux-mêmes, selon quelques enseignants.

Les difficultés qui ont particulièrement marqué les enseignants sont, quant à elles, apparues lors de tentatives de mise en place de séquences d'investigation. Les enseignants ont rencontré des difficultés de gestion du temps : cette gestion du temps étant différente de celle d'un cours magistral car plus dépendante de la participation des élèves, mais aussi des difficultés de gestion des petits groupes d'élèves, les enseignants se demandant dans quelle mesure ils pouvaient intervenir dans les phases au cours desquelles les élèves sont censés travailler en autonomie.

Dans le questionnaire final, quelques enseignants déclarent que la formation les a aidés à modifier leurs pratiques dans le sens d'une plus grande autonomie laissée à leurs élèves. Dans les commentaires des enseignants, les autres aspects psychopédagogiques que nous venons d'évoquer ont été considérés comme des difficultés persistant après la formation, voire des obstacles à la mise en place d'une démarche d'investigation (voir ci-dessous, les résultats de la 4<sup>e</sup> question de recherche).

#### **2.4.4. 4<sup>e</sup> question de recherche : « Quels obstacles les enseignants voient-ils à la mise en œuvre d'une démarche d'investigation ? »**

Dans le questionnaire initial et dans le questionnaire final, les enseignants ont l'occasion de s'exprimer sur les obstacles qui ont effectivement entravé la mise en œuvre de séquences d'investigation. Au cours de la deuxième séance de formation, en se projetant dans leur classe, ils ont fait part des obstacles qu'ils pressentaient à la mise en œuvre de la séquence qu'ils étaient en train d'élaborer.

A partir des différentes interventions des enseignants, tout au long de la formation, nous pouvons regrouper les obstacles sous trois formes différentes : des obstacles liés aux particularités de la démarche d'investigation, des obstacles liés aux élèves, et enfin, des obstacles liés aux contraintes didactiques.

##### **2.4.4.1. Les obstacles liés aux particularités de la démarche d'investigation**

Certaines particularités de la démarche d'investigation telle qu'elle est décrite dans les programmes officiels ont déstabilisé, par leur nouveauté, certains enseignants et ont ainsi constitué des obstacles à sa mise en œuvre.

### 2.4.4.1.1. La création de conditions favorables à l'autonomie des élèves

Tout au long de la formation, les enseignants se questionnent sur les possibilités de créer des conditions favorables à l'autonomie des élèves et réfléchissent aux conséquences qu'aurait cette part de liberté laissée aux élèves, sur le déroulement des séances.

Dans le questionnaire initial, l'autonomie des élèves est la caractéristique de la démarche d'investigation qui a été la plus fréquemment évoquée en termes de difficultés (n = 9). La nouvelle attribution des rôles aux élèves et à l'enseignant, et le dosage des interventions de ce dernier semblent avoir déstabilisé un grand nombre d'enseignants. Ces derniers se posent des questions sur la fréquence et la nature de leurs interventions auprès des élèves, interventions qui limiteraient alors leur autonomie.

*P'1 : « le plus difficile est d'attendre sans les aiguiller »*

*P'13 : « Trop d'interventions de ma part → pas assez d'autonomie des élèves »*

*P'18 : « laisser certains groupes se tromper »*

A travers le questionnaire initial et les discussions au cours de la deuxième séance de formation, plusieurs enseignants font part de leurs inquiétudes ou difficultés déjà rencontrées quant à la gestion de toutes les propositions d'hypothèses et de protocoles que pourraient faire les élèves lorsqu'ils travaillent en autonomie. En début de formation, dans le questionnaire initial, quatre enseignants (P'4, P'6, P'16, P'18) se demandent comment gérer l'ensemble des hypothèses et protocoles proposés par les élèves. Nous apprenons ainsi que P'4 a finalement préféré, « *après 10 minutes d'échanges collectifs* », revenir « *à une situation plus classique avec protocole expérimental imposé* ». P'16 déplore, quant à lui, le « *manque de temps pour analyser vraiment tous les protocoles* » proposés par ses élèves.

Dans les transcriptions de la séance de travail également, on trouve qu'une partie des enseignants se sent déstabilisée devant des propositions de protocoles, différentes des propositions d'élèves qu'ils avaient essayé d'anticiper (G1), ou encore différentes du protocole qui était habituellement imposé par l'enseignant dans des séances de travaux pratiques plus « classiques » (G3).

**G1 : 20'**

- Maintenant, dans le nouveau programme, [...] ils disent que l'élève doit participer à la conception d'un protocole. [...]
- Mais le problème, c'est ça, c'est qu'ils vont proposer plein de choses différentes.
- Finalement les élèves vont pouvoir proposer des réactions eux-mêmes. [...]
- Donc finalement, ça laisse une liberté beaucoup plus large.
- Oui mais ils vont proposer des trucs mais après tu vas devoir dire : non, tu peux pas faire cette expérience. Parce qu'il y a des choses que tu peux pas faire.
- Le problème, c'est qu'on sait pas trop ce qu'ils vont proposer en fait.

### **G3 : 2h00'**

- J'ai plein de groupes qui m'ont proposé de mettre l'eau de chaux au fond et de faire l'expérience après, dans le flacon. [...]
- Ben c'est pas bête !
- Et oui, mais moi, ça me vient pas naturellement comme ça, quoi. Pour moi, c'est évident qu'on la met après.

#### 2.4.4.1.2. La maîtrise de la conception et de la mise en œuvre d'une démarche d'investigation

En fin de formation, après les apports théoriques de la première séance, l'élaboration commune et la mise en place d'une séquence d'investigation, cinq enseignants ne sont pas encore tout à fait certains d'avoir mis en place une démarche d'investigation avec leurs élèves. Les particularités de la démarche d'investigation par rapport à une « démarche expérimentale » (P'4), le choix des items du programme qui se prêtent à une démarche d'investigation (P'11), la formulation d'un problème (P'12), le choix d'une situation de départ (P'16) ou encore le déroulement dans la classe de ce type de séquence (P'12, P'16), sont des interrogations qui persistent chez ces enseignants.

#### 2.4.4.1.3. L'évaluation

Dans le questionnaire initial, deux enseignants (P'18, P'19) soulèvent la question de l'évaluation du travail des élèves au cours d'une démarche d'investigation. Ce qui est évoqué de nouveau dans le questionnaire final par P'19, qui estime que cette question n'a pas été résolue par la formation. Cet aspect n'a, en effet, pas été abordé au cours de cette session.

#### 2.4.4.2. Les obstacles liés aux élèves

Les enseignants s'expriment également sur ce que la démarche d'investigation implique pour leurs élèves. Dans les questionnaires initial et final, ils font part des difficultés auxquelles ils ont eu à faire face lors de la mise en place de leurs séquences. Au cours de la séance de travail, ils s'expriment sur les difficultés qu'ils entrevoient pour la mise en place de la séquence d'investigation qu'ils sont en train d'élaborer. Ces difficultés portent principalement sur les capacités estimées et la motivation des élèves pour ce type de démarche.

### 2.4.4.2.1. Les capacités des élèves

Conscients de la nécessité de laisser aux élèves une certaine autonomie dans l'élaboration de leur propre démarche de résolution du problème, les enseignants de groupe 3 s'inquiètent de la réelle capacité de leurs élèves à gérer l'ensemble des phases de cette démarche.

#### **G3 : 1h20'**

- Si c'est à eux de tout faire... en même temps, ils vont trouver ça long. Gratter pendant 2 heures...
- Et puis moi, je les vois bien... moi, je vois bien la position que vont prendre certains de mes élèves.
- Exactement. Parce que soulever le problème, à eux de mettre ce qu'ils pensent... (*soupir*) trouver l'hypothèse, l'expérience, et ben...

De plus, pour être libre de formuler ses hypothèses et d'élaborer son protocole, l'élève doit disposer d'un ensemble de connaissances associées à l'item des programmes visé dans la séquence. Sans cet ensemble de prérequis, l'enseignant se verra dans l'obligation d'intervenir, dans une plus ou moins grande mesure, pour permettre à l'élève de progresser dans sa démarche. Il risque alors d'être transmissif quant aux connaissances nécessaires aux élèves pour formuler prévisions argumentées et hypothèses, et/ou directif quant aux tâches liées à l'élaboration du protocole et à la réalisation de l'expérience. Ainsi, les groupes 1 et 3 se retrouvent face au problème des prérequis des élèves.

Le groupe 1, travaillant à l'élaboration d'une séquence sur la conservation de la masse totale au cours d'une transformation chimique, se demande si les élèves connaissent suffisamment de transformations chimiques pour pouvoir en proposer une qui permettrait le test de l'hypothèse de la conservation de la masse. Ces enseignantes décideront finalement d'imposer aux élèves la transformation entre l'acide chlorhydrique et la craie, conscientes que cela ne respecte pas strictement les intentions des programmes :

#### **G1 : 20'**



- Ils [*les programmes, NDR*] disent que l'élève doit participer à la conception d'un protocole donc effectivement, il ne peut pas parler de ça parce que je vois pas pourquoi lui, il devinerait...
- Que la craie et le vinaigre réagissent, oui, ça c'est sûr.

Pour le groupe 3, qui planifie une séquence sur les combustions, il est nécessaire que les élèves connaissent un certain nombre de tests de reconnaissance pour pouvoir conclure à la disparition des réactifs et l'apparition des produits. Un enseignant propose de demander aux élèves, avant la séquence, de trouver les tests de reconnaissance du dioxygène et du dioxyde de carbone, soit dans leur cours, soit en effectuant une recherche documentaire. Un autre enseignant se demande s'il faut mettre « l'idée des tests » dans l'énoncé du problème. Cette deuxième proposition, consistant à décrire en tout début de séquence les tests dont les élèves vont avoir besoin, constituerait une intervention majeure de l'enseignant dans l'élaboration du protocole.

### 2.4.4.2.2. Le manque de motivation des élèves

Comme nous l'avons dit plus haut (3<sup>e</sup> question de recherche), six enseignants, en début de formation, considèrent la démarche d'investigation comme une méthode susceptible de déstabiliser certains élèves, voire de les démotiver. Ils décrivent les réactions de certains de leurs élèves lorsqu'ils ont dû travailler en autonomie, lors de séquences mises en place avant la formation. P'2 et P'3 ont constaté que leurs élèves manquaient de repères et de directions habituellement données par l'enseignant :

P'2 : « Certains élèves sont déconcertés car ils n'ont pas de protocole bien défini à suivre et deviennent passifs. »

P'3 : « Certains élèves qui partent battus d'avance en disant qu'ils n'y arriveront pas seuls. D'autres élèves sont perdus par manque de repère classique : cours écrit, plan, ils ne comprennent pas où on veut en venir ».

Selon deux autres enseignants (P'9, P'10), l'autonomie qu'ils ont laissée à leurs élèves a provoqué une attitude passive. Un autre enseignant s'inquiète, au contraire, de l'excès de motivation chez ses élèves : « *Une fois le débat engagé, les élèves peuvent être très passionnés et ce n'est pas toujours facile à gérer* » (P'1).

En imaginant mettre en place la séquence qu'ils sont en train d'élaborer (deuxième séance de formation), les enseignants se heurtent à des difficultés de gestion de la classe. Au cours de leurs précédentes mises en place de démarches d'investigation, certains enseignants se sont trouvés face

à des élèves démotivés ou se retrouvant bloqués. Les enseignants se posent de nombreuses questions quant à leur rôle pour faire évoluer ce genre de situation. La démarche d'investigation telle qu'elle est présentée dans les programmes leur suggère d'adopter un rôle nouveau par rapport aux élèves : ils sont invités à devenir des « guides » dans le déroulement de la démarche.

Dans le groupe 3, par exemple, deux points de vue s'affrontent. Certains imaginent « donner la réponse », tandis que d'autres s'y refusent catégoriquement. Enfin, un autre enseignant annonce ne pas avoir de solution à ce problème.

### **G3 : 1h25'**

- Hier, je leur ai demandé : « qu'est-ce qu'on obtient lors de la combustion du carbone et du dioxygène ? » et j'y ai passé une heure. Y en a pour qui c'est évident tout de suite et ils proposent le dioxyde de carbone et puis y en a qui proposent rien du tout. Y a des groupes qui décollent pas du tout.
- Et qu'est-ce que tu fais dans ce cas-là ?
- Je donne la réponse pour qu'ils puissent continuer avec leur expérience.
- Moi, j'arrive pas à m'y résoudre, à ça.
- Mais je sais pas ! Qu'est-ce qu'il faut faire ? Faut les laisser faire leur expérience jusqu'au bout ? C'est ça ?
- Je sais pas. Tu me demandes ça, mais j'ai pas de solution.
- Non mais au bout d'un moment, il faut donner la réponse.
- Sinon ils restent comme ça pendant trois quarts d'heure.

Selon le groupe 3, l'apport de la réponse par l'enseignant est équivalent à l'influence des autres groupes d'élèves sur un groupe qui se retrouve bloqué. Un enseignant explique qu'il profiterait de cette situation pour impliquer de nouveau le groupe d'élèves dans la démarche en leur demandant de justifier le protocole qu'ils ont « emprunté » aux voisins.

### **G3 : 1h25'**

- De toute façon, qu'on leur donne la réponse, ou qu'eux voient ce que font les voisins... et qu'ils demandent aux voisins ce qu'ils sont en train de faire, ça revient un peu au même.
- Moi, c'est le problème que j'ai au point de vue gestion. Quand tu leur demandes de trouver un protocole sur une expérience, par exemple, quand tu leur demandes de trouver le volume d'un caillou, ils ont tous un caillou différent et ils doivent trouver l'expérience qu'il faut faire. T'en as qui trouvent assez rapidement et d'autres qui rament comme des fous. Mais une fois que le premier groupe est lancé, tout le monde a trouvé !
- Ah ! Une fois qu'ils voient l'éprouvette...

- Evidemment ! Une fois que les autres, ils ont sortis l'éprouvette, ils sont en avance, je vais pas dire : « tu vas dans l'autre salle et tu t'enfermes à clé » ! Les autres, ils sont pas totalement stupides non plus. « Je veux la même chose que le groupe d'à côté ! »
- « Mais pourquoi ? » Moi, je leur demande pourquoi. « Parce que eux, ils savent pourquoi ils le font ! Et toi ? »

Enfin, dans le questionnaire final, quatre enseignants reviennent sur la question de la motivation des élèves. Pour eux, elle ne semble toujours pas réglée en fin de formation, puisqu'ils ont encore dû faire face au manque de motivation de certains élèves ainsi qu'à l'accessibilité limitée de ce type de démarche, lorsqu'ils ont mis en place la séquence d'investigation élaborée à la deuxième séance. Ces enseignants racontent qu'ils se sont trouvés dans l'obligation de diriger les élèves afin de faire avancer la séance. Ils semblent regretter d'avoir eu à en arriver là, jugeant cette attitude contradictoire avec un des principes d'une démarche d'investigation, l'autonomie des élèves :

P'6 : « Le problème de gestion des élèves qui ne s'investissent pas. Comment gérer et faire travailler un élève qui ne cherche pas à résoudre le problème posé ?? → Il faut trop les guider ! »

P'15 considère que les expériences des élèves qui « n'aboutissent pas », les démotivent fortement. De plus, ces élèves auraient des difficultés à analyser ces résultats :

P'15 : « Les élèves dont l'expérience n'aboutit pas → ils sont déçus. / → Ils ne savent pas forcément l'analyser. »

### **2.4.4.3. Les obstacles liés aux contraintes didactiques**

Enfin, les enseignants ont évoqué à de nombreuses reprises des contraintes sur lesquelles ils n'avaient aucune prise, telles que le matériel expérimental disponible dans leur établissement, les effectifs d'élèves, ou encore les contraintes de temps.

#### **2.4.4.3.1. Les conditions matérielles**

Dès le questionnaire initial, six enseignants évoquent des problèmes matériels. Ils regrettent de ne pas être en mesure de répondre à toutes les attentes des élèves quant aux protocoles qu'ils ont élaborés :

P'16 : « Problème d'organisation au niveau du matériel demandé par les élèves qui n'est pas toujours disponible au labo. »

P'4 a rencontré des problèmes au niveau de la « *configuration de [sa] salle peu propice au travail de groupe* ».

Cela est confirmé au cours de la deuxième séance de travail. Les enseignants s'expriment également sur les conséquences que le manque de matériel peut avoir sur leur façon de mener la séance. En effet, ces contraintes matérielles qui constituent, selon les enseignants, un obstacle majeur à la mise en place d'une démarche d'investigation telle qu'elle est décrite dans les programmes, les poussent à imposer une partie du matériel expérimental aux élèves. Par exemple, la question de la sensibilité des balances disponibles dans leur établissement (G1), ou encore la quantité du matériel (G2), amènent des enseignants à décider de certains éléments du protocole à la place des élèves.

En effet, le groupe 1 (conservation de la masse totale au cours d'une transformation chimique) réfléchit à la possibilité d'imposer les quantités de réactifs pour que les élèves qui réalisent l'expérience sans boucher le flacon puissent observer sur les balances électroniques de l'établissement, compte tenu de leur sensibilité, une diminution notable de la masse au cours de la transformation. Ce résultat pourra alors trancher avec celui des groupes qui auront bouché leur flacon, ne laissant ainsi échapper aucun gaz. Une remise en cause de leur protocole pourra alors avoir lieu.

### **G1 : 1h50'**

- Par contre, y a un problème technique dont on n'a pas parlé, c'est : nos balances sont-elles assez précises ? Et le problème, c'est que, comme on les laisse libres, ils peuvent mettre très peu de réactifs. Et si ils en mettent très peu, de l'un comme de l'autre, je sais pas ce que ça donne.
- Mais comme ils ont la main lourde en général !
- Donc est-ce qu'on leur dit qu'il faut en mettre un minimum ? Je sais pas trop... Parce que si ils font ça dans une coupelle, avec juste deux gouttes d'acide et un morceau de craie, la masse... on va rien voir.

De manière beaucoup plus pragmatique, lorsque le matériel est limité dans les établissements, les enseignants se voient forcés d'en imposer une partie, pour limiter la variété des propositions des élèves. Cela leur permet de ne pas décevoir leurs attentes quant à la réalisation des protocoles qu'ils ont imaginés. C'est le cas, par exemple, du groupe 2 :

### G2 : 1h15'

- Et ça dépend si on part sur la manip avec les ballons ou avec les bouteilles. Ça dépend du matériel du lycée.
- Moi, j'ai pas de truc pour aspirer l'air. Et je risque pas d'en avoir. A la limite, je veux bien m'en acheter un à moi pour le collège et si ça sert à reboucher les bouteilles, y a pas de soucis, mais...
- Non mais justement, faut savoir si en fonction du matériel, c'est pas possible de faire deux propositions, en fonction de ce qu'on a.

Dans le questionnaire final, des enseignants font part de ces difficultés matérielles rencontrées au cours de la mise en œuvre de la séquence d'investigation élaborée en commun. On retrouve le problème de la disponibilité du matériel expérimental dans les établissements. C'est le cas pour quatre enseignants (P'3, P'9, P'15, P'19) : « *problèmes de matériel (en chimie surtout)* » (P'9). Parmi eux, certains précisent que ces manques ont des répercussions sur la gestion de la classe : « *Il y a aussi le problème du matériel qui force à faire des groupes nombreux* » (P'3), et sur les attentes déçues des élèves ne pouvant pas obtenir le matériel souhaité pour leur protocole : « *Gestion du matériel (qui n'est pas toujours en quantité suffisante pour permettre de réaliser toutes les manipulations souhaitées par les élèves)* » (P'19). Deux autres enseignants font part de leurs difficultés liées à l'établissement lui-même : « *la structure de nos salles...* » (P'4), « *établissement difficile* » (P'20).

#### 2.4.4.3.2. Les séances en classe entière

Les enseignants n'ont pas toujours la possibilité de scinder leurs classes en demi-groupes. Dans le questionnaire final, quatre enseignants (P'2, P'3, P'9, P'19) se sont exprimés spontanément à ce sujet. Les effectifs étant importants, le bruit causé par les discussions au sein des groupes d'élèves sont inhabituels et déstabilisent les enseignants : « *Gestion de la classe (il faut s'habituer à avoir plus de « bruit » dans la classe)* » (P'19). Ils évoquent aussi des classes ou élèves particulièrement « difficiles » : « *Une DI en classe entière est vraiment difficile à gérer. D'une part pour la gestion de la classe et des élèves "difficiles"* » (P'3).

#### 2.4.4.3.3. La démarche d'investigation « chronophage »

La gestion du temps est également problématique pour les enseignants. Dans le questionnaire initial, six d'entre eux y font référence. P'1 et P'10 trouvent que les élèves mettent plus de temps à « se mettre au travail », que dans un cours classique. Selon P'1, cela incombe au temps passé à la

discussion-débat prévue en début de séance. P'13 signale qu'il a besoin de deux séances pour une démarche d'investigation alors qu'une seule lui suffisait pour un cours magistral.

Dans le questionnaire final, cinq enseignants reviennent sur le temps qu'il faut consacrer à une démarche d'investigation. Ils s'accordent à dire que le temps passé, aussi bien à la préparation d'une séquence, qu'à sa mise en œuvre dans la classe, est trop grand. P'11 et P'13 signalent leur retard dans les programmes à ce stade de l'année :

P'13 : « Je dois avouer que je suis très en retard dans le programme de cette année et que je trouve encore qu'organiser une séance complète de démarche d'investigation est très chronophage. »

P'3 et P'4 y voient, quant à eux, des incompatibilités entre les contenus des programmes et le temps passé à la mise en place d'une séquence d'investigation :

P'3 : « Ma principale difficulté est que cela prend beaucoup de temps en classe et que l'on ne peut pas en faire beaucoup si l'on veut finir le programme. »

P'4 : « Le programme de 5<sup>e</sup> est très ambitieux, la DI chronophage, les deux sont difficilement conciliables. »

### **SYNTHESE « OBSTACLES »**

Tout au long de la formation, à travers les questionnaires et la séance de travail, les enseignants ont pu s'exprimer sur ce qu'ils considéraient être des obstacles à la mise en place d'une séquence d'investigation. Nous avons classés ces obstacles selon trois catégories différentes : les obstacles liés aux particularités de la démarche d'investigation, les obstacles liés aux élèves, et ceux liés aux contraintes didactiques.

Certains principes de la démarche d'investigation telle qu'elle est décrite dans les programmes ont été sources de difficultés pour les enseignants. L'autonomie des élèves a été fréquemment évoquée tout au long de la formation. Si l'enseignant laisse ses élèves autonomes au cours des phases de formulation d'hypothèses et d'élaboration de protocoles, il devra prendre en compte toutes les propositions de ses élèves pour la suite de la séquence. Une partie des enseignants semble préférer des séquences plus guidées, où les hypothèses et/ou protocoles sont fortement suggérés, voire fournis par la situation de départ. En fin de formation, quelques enseignants déclarent avoir encore des difficultés à cerner les particularités de la démarche d'investigation et ont donc des doutes quant aux séquences qu'ils ont mises en œuvre : l'item choisi se prêtait-il bien à une démarche d'investigation ? Le problème a-t-il été correctement formulé ? Le déroulement de la

séquence correspond-il à une démarche d'investigation telle qu'elle est présentée dans les programmes ? Enfin, deux enseignants se questionnent sur la façon dont les élèves peuvent être évalués au cours d'une démarche d'investigation.

D'autres d'obstacles, liés aux élèves, ont également été évoqués par les enseignants. Selon eux, les capacités des élèves sont insuffisantes pour mener à bien, de manière autonome, l'ensemble d'une démarche d'investigation. De plus, ils n'auraient pas suffisamment de prérequis pour pouvoir proposer d'eux-mêmes des hypothèses et des protocoles pertinents. Le manque de motivation de certains élèves, constaté dans leurs classes, pousse les enseignants à intervenir auprès d'eux, de manière directive. Ils sont conscients de déroger au principe de l'autonomie des élèves, suggéré par les programmes.

Enfin, les enseignants subissent des contraintes didactiques, auxquelles ils ne peuvent échapper. Ces contraintes déforment leurs intentions premières, qu'ils tentent pourtant de faire correspondre aux directives des programmes, à la fois au cours de la préparation de séquences, et lors de sa mise en œuvre. Les problèmes matériels ont été le plus fréquemment cités. La disposition des salles ne se prête pas toujours au travail en groupes. Le matériel expérimental, disponible en quantité limitée dans les établissements, pousse les enseignants à imposer une partie du matériel aux élèves, pour éviter de décevoir leurs attentes. Cette contrainte a donc des conséquences directes sur les principes essentiels d'une démarche d'investigation, puisque l'enseignant intervient fortement dans l'élaboration du protocole, tâche censée être à l'initiative des élèves. Les enseignants sont également souvent dans l'obligation de mener des séances en classe entière, avec des effectifs d'élèves importants, et donc peu propices au travail en petits groupes. Le bruit causé par les discussions des élèves travaillant en autonomie pousse les enseignants à être plus directifs qu'en demi-classe. Enfin, les contraintes de temps, pour l'organisation de l'année scolaire, limitent les possibilités de planification de séquences d'investigation. Les enseignants la jugent « chronophage », non seulement au moment de sa préparation, qui demande plus de temps qu'un cours classique, mais aussi au moment de sa mise en place dans les classes. Deux enseignants jugent la démarche d'investigation incompatible avec les ambitions des programmes en termes de connaissances à acquérir.

## Conclusion

Dans cette recherche, nous avons étudié la mise en place de la démarche d'investigation, méthode d'enseignement apparue dans les programmes français de 5<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> en 2005. La première partie de cette thèse a porté sur l'analyse de ce nouvel objet d'enseignement sous l'angle de la transposition didactique. A cet effet, nous avons analysé deux étapes de ce processus : le passage des démarches en sciences à la démarche d'investigation dans les programmes scolaires (du « savoir savant » au « savoir à enseigner ») ; et la traduction des directives des programmes dans les pratiques des enseignants (du « savoir à enseigner » au « savoir enseigné »). Nous avons donc tenté, dans un premier temps, de répondre à la question suivante : quelle transposition des démarches scientifiques trouve-t-on dans la démarche d'investigation ? Il s'est agi de situer la démarche d'investigation par rapport aux démarches en sciences, c'est-à-dire de déterminer les éléments des démarches scientifiques que les rédacteurs des programmes ont choisi de mettre en avant dans les textes officiels.

Nous avons pu constater, à travers notre analyse de la démarche d'investigation d'un point de vue épistémologique, que les types de problème et de démarche suggérés par les programmes, à travers la situation-problème, reflétaient une image plutôt restreinte de l'activité scientifique.

Dans les programmes, les enseignants sont invités à formuler une « situation-problème », qui, telle qu'elle est présentée, invite les enseignants à poser aux élèves un problème qui permette le dépassement d'« *obstacles cognitifs* » (M.E.N., programmes du collège, 2008, p. 4). Nous avons mis en évidence qu'il s'agissait d'un type de problème particulier parmi la variété des problèmes propres à l'activité scientifique. La « situation-problème » présentée dans les programmes peut être rapprochée du problème « anomalie » de Kuhn. De ces deux points de vue, un problème émerge quand l'observation d'un phénomène est non conforme aux idées *a priori*, de l'élève ou du scientifique.

La « situation-problème » comporte une autre particularité : pour résoudre le problème qui leur est posé, les élèves doivent mettre en place une démarche hypothético-déductive. Les étapes 3 et 4 du canevas décrivent, en effet, une démarche de ce type, c'est-à-dire la « *formulation d'hypothèses* », l'« *élaboration éventuelle d'expériences, destinées à tester ces hypothèses* », la « *réalisation de l'expérience* » et la « *confrontation avec [...] les hypothèses formulées précédemment* » (M.E.N., programmes du collège, 2008, p. 4). Venue remplacer un autre modèle très répandu dans l'enseignement des sciences, l'inductivisme, cette démarche hypothético-déductive est apparue comme une façon de d'orienter l'observation, en l'intégrant dans un questionnement. Sa



mise en œuvre peut être adaptée lorsqu'il s'agit d'interpréter un phénomène, d'étudier les paramètres dont il dépend, etc.

Tous les items des programmes ne se prêtent pas à ce type de problème ou de démarche. L'apprentissage du « *test de reconnaissance de l'eau par le sulfate de cuivre anhydre* », par exemple (M.E.N., programmes de 5<sup>e</sup>, 2008, p. 13), ne suppose pas le dépassement d'obstacles cognitifs. Et la connaissance « *la distillation de l'eau minérale permet d'obtenir de l'eau quasi pure* » (M.E.N., programmes de 5<sup>e</sup>, 2008, p. 13) ne donne pas l'occasion de tester des hypothèses par l'expérience, mais plutôt d'élaborer une technique, de mettre au point un dispositif en vue de produire un fait.

La traduction des directives officielles dans les pratiques des enseignants constitue la deuxième étape de la transposition didactique qui nous a intéressée. Nous présentons ici des éléments de réponse à la question : comment les enseignants s'approprient-ils ce type de démarche avec les moyens dont ils disposent ? Nous nous sommes intéressée aux pratiques des enseignants dans le travail préparatoire d'une séquence d'investigation. A cet effet, nous avons recueilli des fiches de préparation de séquences, rédigées par des enseignants et mises à disposition sur les sites pédagogiques de plusieurs académies.

Deux grandes rubriques d'analyse ont été élaborées par une approche multidimensionnelle, c'est-à-dire que nous nous sommes appuyées sur les questions que nous nous posions (prise en compte des conceptions, problèmes et démarches en sciences, rôles de l'enseignant et des élèves), tout en étant attentive aux données elles-mêmes pour en faire émerger les éléments suffisamment remarquables, que nous n'avions pas explicités *a priori*, mais qui se révèlent avoir en lien avec nos préoccupations de recherche. La première grande rubrique, que nous avons appelée « Elaboration d'une situation de départ », porte sur le travail préparatoire d'élaboration d'une situation-problème, tel que cela est indiqué dans la première étape du canevas de la démarche d'investigation.

Les programmes suggèrent aux enseignants de formuler un type de problème particulier (permettant la déstabilisation de conceptions et la mise en place d'une démarche hypothético-déductive). Pourtant, à travers les fiches recueillies, nous avons pu noter que les problèmes formulés avaient des finalités très variées, les auteurs des fiches dépassant ainsi les intentions des programmes, en donnant une image plus ouverte et représentative de l'activité scientifique. En effet, les problèmes rencontrés étaient aussi bien de type « représentation », tels que l'étude des facteurs faisant varier la taille des ombres, l'interprétation du phénomène de la vision, etc., que de type « intervention », comme la mise en œuvre d'un test de reconnaissance, la mise en œuvre d'un dispositif respectant plusieurs conditions, etc.

## Conclusion

A la lecture des fiches, nous avons noté qu'une grande importance était donnée à la contextualisation des problèmes posés aux élèves. Les problèmes étaient, en effet, majoritairement intégrés dans des situations non scolaires. Il pouvait s'agir de petites histoires faisant intervenir des personnages imaginaires (extra-terrestres, héros de bande-dessinée, etc.), ou encore des situations de la vie courante (réglage de la position d'un rétroviseur, bouteille d'eau en verre cassée après avoir passé quelques heures au congélateur, etc.). Les enseignants rencontrés en entretien ont précisé que ces situations avaient, pour la plupart, un caractère anecdotique et servaient de prétexte à la formulation du problème scientifique, et au démarrage de la séquence. Ils ont également mis en avant leur caractère motivant, indispensable, selon eux, à l'investissement des élèves.

Enfin, comme cela est suggéré dans le canevas de la démarche d'investigation, le problème à poser aux élèves doit permettre de déstabiliser des obstacles cognitifs préalablement identifiés par l'enseignant. Pourtant, dans les fiches recueillies, les conceptions des élèves sont rarement prises en compte. En effet, très peu d'auteurs mentionnent dans leur fiche leur travail d'analyse des conceptions. Pour quelques autres, on devine, à travers la formulation du problème, que leur intention est de déstabiliser une conception. Mais pour la majorité des cas, les problèmes formulés ne visent aucunement le dépassement d'obstacles cognitifs.

La deuxième grande rubrique d'analyse, « Types de démarches », portait sur les intentions de leurs auteurs quant à la résolution du problème par les élèves. Alors que la démarche d'investigation est fondée sur la mise en place d'une démarche hypothético-déductive, notre analyse a révélé qu'une petite moitié d'auteurs seulement planifiaient de faire formuler des hypothèses aux élèves. Dans d'autres fiches, où l'on trouve le terme « hypothèses », celui-ci est utilisé dans un sens différent, pour désigner des propositions de protocoles, ou encore des prévisions. Les enseignants interrogés apportent des informations d'une autre nature, liées au déroulement des séquences dans la classe. Certains attribuent à l'hypothèse une signification d'ordre pédagogique, de l'ordre du « droit à l'erreur ».

Enfin, en ce qui concerne la phase expérimentale, c'est-à-dire l'élaboration de protocoles expérimentaux et la manipulation, nous avons parfois relevé plus d'une expérience par fiche, ce qui montre l'importance accordée à l'expérience par les enseignants. Cependant, l'autonomie que l'enseignant est censé laisser aux élèves pour gérer cette phase ne semble pas distribuée de manière homogène. En effet, peu de protocoles sont laissés à l'entière responsabilité des élèves. Dans la plupart des fiches, des interventions de diverses natures sont prévues : l'enseignant peut « corriger » les protocoles des élèves avant de les autoriser à les mettre en œuvre ; il peut imposer une liste de matériel à utiliser ; ou encore animer un débat autour des protocoles imaginés par tous les groupes d'élèves et faire tendre la discussion vers le choix d'une expérience commune pour l'ensemble des

groupes. Quelques enseignants interrogés, après avoir laissé les élèves travailler en autonomie sur leur protocole d'expérience, ont tout de même choisi de réaliser l'expérience qu'ils avaient imaginée au départ, puisqu'aucun groupe ne l'avait proposée. La phase de manipulation est, quant à elle, largement laissée aux élèves. La quasi-totalité des fiches prévoient que les élèves réalisent seuls leurs expériences.

La deuxième partie de ce travail a porté sur l'élaboration d'une formation et sa mise en place auprès de vingt enseignants de collège. Nous avons tenté de répondre à la question : Comment les enseignants s'approprient-ils les éléments de formation que nous leur proposons pour une mise en œuvre de la démarche d'investigation ? Quels problèmes évoquent-ils ? A partir des résultats des analyses que nous venons de présenter, nous avons pu formuler quelques objectifs de formation, constitués de savoirs théoriques et de savoir-faire, que nous avons jugés utiles à l'élaboration de séquences d'investigation. Nous avons donc abordé, avec les enseignants, des éléments théoriques relatifs aux spécificités de la démarche d'investigation : les conceptions et la démarche hypothético-déductive. Nous avons souhaité que les enseignants soient capables de réaliser une tâche particulière : l'élaboration d'une situation-problème. Pour cela, nous leur avons fourni plusieurs outils, tels que les programmes scolaires, les Fiches connaissances du Primaire, des résultats de recherche en didactique, etc. Dans une perspective de « dialogue » entre les textes prescripteurs et les enseignants, nous avons été attentive, dans le même temps, aux réflexions des enseignants quant à l'intégration de ces éléments théoriques dans des pratiques déjà installées. Du point de vue de la recherche, à travers un corpus de quatre questionnaires et de transcriptions d'enregistrements audio d'une séance consacrée à l'élaboration d'une séquence d'investigation, nous observons donc les enseignants en train de construire leur propre *technologie*, c'est-à-dire la justification de leurs décisions quant à l'élaboration d'une situation-problème. Les données recueillies au cours de la formation nous permettent ainsi, non seulement de suivre les éventuelles évolutions de l'appropriation par les enseignants des savoirs théoriques et savoir-faire, tout au long de la session, mais aussi de mettre en évidence les adaptations qu'ils y apportent.

Nous avons tout d'abord voulu suivre l'appropriation par les enseignants de la notion de conceptions et la façon dont ils prenaient en compte des conceptions d'élèves pour l'élaboration d'une séquence d'investigation. Nous avons noté, entre le début et la fin de la formation, des évolutions vers une meilleure prise en compte des conceptions des élèves, non seulement dans les discours des enseignants, mais aussi dans leurs pratiques, lorsqu'ils élaborent un scénario d'enseignement pour une séquence d'investigation. Comme nous l'ont indiqué les réponses des enseignants aux questionnaires et leurs discussions à la deuxième séance de formation, il semblerait

que les apports théoriques leur aient permis de mieux articuler les liens entre la notion de conceptions, les différentes « facettes » qu'elles peuvent posséder, et les réponses erronées d'élèves. Les enseignants ont également montré une meilleure prise en compte des conceptions, à différents niveaux de leurs pratiques : le repérage de conceptions à partir de productions d'élèves, le choix d'un item des programmes, la formulation d'un problème visant le dépassement d'obstacles cognitifs.

Dans le questionnaire « conceptions », les enseignants étaient invités à interpréter, en termes de conceptions, des réponses d'élèves à un questionnaire didactique sur le thème de la transformation chimique. Les réponses de chaque enseignant pouvaient comporter des éléments de réponses correspondant à des niveaux d'interprétation différents. Deux tiers des enseignants ont su interpréter certaines réponses des élèves avec un degré élevé de généralisation. La conception « agent/patient », la confusion entre transformations physique et chimique, ont, par exemple, été clairement formulées. Une moitié des enseignants a, par ailleurs, repéré des similitudes pertinentes (manifestations de conceptions) dans des réponses d'élèves, s'arrêtant, ici, à citer ou paraphraser ces derniers. Enfin, la moitié des enseignants ont évoqué certaines réponses erronées des élèves uniquement du point de vue des lacunes ou incompréhensions des concepts qui leur auraient permis de répondre correctement.

La deuxième séance de formation, durant laquelle les enseignants devaient élaborer une séquence d'investigation, a montré que tous les groupes de travail avaient réalisé le choix de l'objectif de connaissance en fonction de l'existence de conceptions sous-jacentes. De plus, toutes les versions finales des problèmes reflètent les intentions des enseignants de faire dépasser par leurs élèves certains obstacles cognitifs, préalablement identifiés, pour acquérir la connaissance visée.

Au cours de cette séance de travail, les enseignants ont également fait entrer en ligne de compte un certain nombre de contraintes, de natures variées, auxquelles ils pouvaient être confrontés lors de la mise en œuvre effective de leur séquence. Les groupes de travail favorisant la discussion, nous avons pu avoir accès au discours des enseignants qui vient justifier leurs pratiques. Ainsi, les enseignants ont élaboré des stratégies pédagogiques pour tenter à la fois de respecter les caractéristiques propres à la démarche d'investigation et de s'adapter à diverses contraintes : temps, matériel, effectifs, etc.

Au-delà de la seule confrontation entre les idées des élèves avec une situation choisie par l'enseignant pour déstabiliser leurs conceptions, la « *confrontation [des] éventuelles divergences [des élèves]* » (M.E.N., programmes de collège, 2008, p. 4), au cours d'une discussion dans la classe, ou au sein de petits groupes d'élèves, constitue également une occasion pour ces derniers de remettre en question leurs idées. Lorsque les enseignants ont tenté de mettre en application ces directives au

cours de la séance de travail, il est apparu de manière récurrente une stratégie consistant en la mise en scène du problème de la manière suivante : deux personnages, aux points de vue différents sur une situation donnée, dialoguent ; l'un des points de vue correspond à la connaissance visée, sous la forme d'une prévision ou d'une hypothèse, l'autre représente la conception à déstabiliser, également sous la forme d'une prévision ou d'une hypothèse explicative. Cette manière de présenter le problème semble également s'appuyer sur une vision particulière du rôle de l'expérience. Celle-ci est considérée, par une grande partie des enseignants, comme un moyen de trancher définitivement sur la validité d'une hypothèse. Ainsi, telle une « expérience cruciale », elle est utilisée pour départager les deux personnages de la situation de départ. Elle permet, selon ces enseignants, de rejeter l'idée liée aux conceptions des élèves et de confirmer, dans le même temps, celle qui constitue la connaissance à acquérir. Cette manière de procéder répond également à des préoccupations de gestion de classe. Plusieurs enseignants se sont exprimés sur la difficulté qu'ils voyaient à laisser les élèves formuler leurs hypothèses librement, se demandant comment ils pourraient prendre en compte toutes ces propositions dans un temps compatible avec les contraintes des programmes. Cette mise en scène du problème, sous la forme d'un dialogue entre deux personnages, possède donc l'avantage non négligeable, pour les enseignants, de limiter les possibilités de propositions des élèves à deux hypothèses seulement. Les élèves n'ont alors plus qu'à prendre parti pour l'une ou pour l'autre, au cours de la discussion animée par l'enseignant, consacrée à l'appropriation du problème par les élèves.

La contextualisation du problème scientifique, de manière plus générale, a également été l'objet de discussions dans la moitié des groupes de travail. Considérée comme un moyen de motiver et d'impliquer les élèves, elle risque, selon certains, de brouiller le problème scientifique. Les enseignants ont, en effet, conscience que les élèves peuvent focaliser leur attention sur des « problèmes » annexes, bien éloignés du problème scientifique visé par l'enseignant. Ces enseignants réfléchissent donc à la possibilité de proposer une situation intégrant le problème scientifique de manière pertinente, pour éviter ainsi des recadrages dans la classe, lors de la phase d'appropriation du problème par les élèves.

Nous avons également suivi l'appropriation et la mobilisation de la notion de démarche hypothético-déductive par les enseignants. Alors que la notion d'hypothèse semblait être peu comprise et la démarche hypothético-déductive rarement considérée dans son intégralité, dans les questionnaires initiaux, avant les apports théoriques de la formation, la deuxième séance de formation a montré une utilisation plus précise de ces notions dans le discours des enseignants : l'appartenance des notions d'hypothèse et de prévision à deux registres différents a été explicitée

dans la moitié des groupes de travail ; dans trois groupes sur quatre, la formulation d'hypothèses est suivie d'un test par l'expérience, ce qui était rarement le cas dans les réponses des enseignants aux questionnaires initiaux.

La démarche d'investigation telle qu'elle est présentée dans les programmes suggère que le problème posé aux élèves soit résolu par une démarche hypothético-déductive. Dans le questionnaire distribué au début de la session, avant les apports théoriques, il était demandé aux enseignants de décrire une de leurs séquences d'investigation, mise en œuvre avant la formation. Avant les apports de la première séance, nous avons pu noter peu d'enseignants avaient proposé un problème à leurs élèves pouvant être résolu par ce type de démarche. En revanche, tous les problèmes formulés par les groupes de travail, à la fin de la deuxième séance de formation, donnent la possibilité aux élèves de formuler des hypothèses et de les tester par l'expérience.

Enfin, nous avons eu accès à la construction du discours des enseignants qui justifie leurs choix dans l'exécution de la tâche d'élaboration d'une situation-problème. Ici nous présentons les stratégies mises en œuvre pour concilier les demandes officielles d'autonomie des élèves dans le déroulement d'une démarche hypothético-déductive, et les contraintes qui s'imposent à eux. La situation de départ constitue la plaque tournante de ces stratégies pédagogiques. En effet, tous les groupes, au cours de la séance de travail, ont discuté de la forte suggestion ou de la présence (sous la forme d'un dialogue, par exemple) des hypothèses à travers la situation de départ. L'objectif était de cadrer le déroulement de la séquence, pour ne pas avoir à gérer un trop grand nombre d'hypothèses que pourraient proposer les élèves, celles-ci ne pouvant pas toujours être anticipées par l'enseignant. En participant à cette étape de la démarche, les enseignants sont conscients du fait qu'ils risquent de limiter l'autonomie des élèves. Bien que la présence des hypothèses dans la situation de départ sous la forme d'un dialogue entre deux personnages, ait été discutée dans les quatre groupes de travail, un seul groupe a finalement retenu une telle contextualisation du problème, les élèves n'ayant plus qu'à tester les deux hypothèses suggérées pour départager les deux « adversaires ».

Les enseignants envisagent également d'intervenir dans le choix de l'expérience que les élèves vont réaliser pour résoudre le problème. Tous les groupes de travail ont réfléchi à la possibilité d'utiliser la situation de départ pour influencer les élèves. Il s'agirait de trouver une contextualisation du problème mettant en scène l'expérience à réaliser, pour inciter les élèves à la reproduire. Au cours des discussions au sein des groupes de travail, une fois le choix de l'objectif de connaissance fixé, les expériences auxquelles les enseignants ont pensé en priorité correspondent aux expériences suggérées par les programmes depuis plusieurs années pour un item donné. Cela rappelle les résultats d'une recherche de Hirn (1995) sur l'appropriation d'intentions didactiques nouvelles :

*« pour les enseignants, les contenus d'enseignement sont soit fortement adhérents entre eux, soit adhérents à une activité expérimentale issue d'un répertoire »* (c'est nous qui soulignons). A la fin de la séance de travail, deux groupes ont finalement retenu de formuler des problèmes qui invitent les élèves à « imiter » l'expérience de la situation de départ. Les deux autres, en ne faisant référence à aucune expérience particulière, laissent ainsi une plus grande marge de liberté aux élèves dans l'élaboration du protocole expérimental.

Enfin, le choix du matériel qui servira à réaliser l'expérience a été considéré, par tous les groupes, comme une tâche trop difficile pour les élèves. De plus, le matériel disponible dans les établissements est souvent en quantité limitée, et peu varié, ne permettant pas aux enseignants de répondre à toutes les demandes des élèves. La situation de départ a donc également été évoquée à cette occasion : dans quelle mesure peut-on suggérer un certain type de matériel, sans trop limiter l'autonomie des élèves ? Un seul groupe a finalement suggéré du matériel à travers la situation de départ.

Dans sa mise en place dans la classe, la démarche d'investigation, telle qu'elle est décrite, entraîne de nombreuses incertitudes pour les enseignants : gestion de toutes les propositions des élèves (hypothèses, protocoles...). On a pu remarquer que les enseignants tentaient de limiter ces incertitudes à travers diverses stratégies pédagogiques : matériel imposé, mise en scène d'un conflit cognitif, etc. Les enseignants tentent donc de reprendre un certain contrôle, à juste titre, compte tenu des contraintes didactiques fortes (effectifs, matériel, temps,...). Il s'agirait donc de cadrer un peu plus les élèves, d'être moins ambitieux sur leur autonomie, et d'assumer ce type de guidage.

Nous avons donc vu que la démarche d'investigation constituait une méthode d'enseignement reflétant une position épistémologique bien particulière, le problème posé aux élèves devant permettre à la fois le dépassement d'obstacles cognitifs et la mise en œuvre d'une démarche hypothético-déductive. Bien que nous ayons considéré que les types de problème et de démarche mis en avant dans les programmes reflétaient une image restreinte de l'activité scientifique, nous avons opéré des choix de formation qui se situent dans le cadre des intentions des instructions officielles. Cependant, nous avons pu observer que les enseignants apportaient des adaptations importantes aux instructions, lorsqu'ils tentaient de les traduire dans leurs pratiques. Notre analyse de fiches de préparation de séquences a, dans un premier temps, montré une réelle ouverture quant aux types de problèmes et de démarches imaginés par les auteurs des fiches. De plus, les discussions des enseignants, au cours de la deuxième séance de formation, ont fait émerger de nombreuses difficultés à concilier les exigences des instructions officielles avec les multiples contraintes qui

s'imposent à eux. Nous avons alors pu observer les enseignants élaborer de nouvelles stratégies, afin d'adapter les prescriptions relatives à la démarche d'investigation, à leurs projets pédagogiques et aux contraintes. A l'issue de la formation, la plupart des enseignants semblaient conscients de l'incompatibilité de la démarche d'investigation avec une partie des items des programmes.

Ces constats nous amènent à formuler des propositions en termes d'intentions pédagogiques véhiculées par les instructions officielles. Il nous paraît pertinent que les programmes proposent un éventail plus ouvert de problèmes et de démarches que les enseignants auront à mettre en œuvre dans leurs classes. Des recherches en didactique ont déjà abouti à des propositions de séquences d'investigation plus variées et ouvertes que la description de la « démarche d'investigation » qui est donnée dans les programmes de collège depuis 2005. Ces séquences peuvent avoir pour finalités la confrontation de prévisions argumentées à un résultat expérimental, sans que le protocole soit à inventer (séquences PACS : Kaminski, 1991). Il peut également s'agir de problèmes ouverts (Dumas-Carré & Goffard, 1997), de situations adidactiques (Brousseau, 1998). Morge et Boilevin (2007) se sont appuyés sur ces travaux pour dégager trois critères qui pourraient permettre de caractériser des séquences d'investigation : *« 1) l'élève effectue un ou des apprentissages au cours de la séquence... 2) ... en réalisant des tâches qui ne sont pas uniquement des tâches d'ordre expérimental... 3) ... et en participant à la recherche de validité des productions des autres élèves, autrement dit en participant au choix argumenté entre plusieurs méthodes, plusieurs hypothèses, plusieurs protocoles expérimentaux, plusieurs explications, plusieurs modèles »*. Une telle vision de la démarche d'investigation correspondrait ainsi à une image plus ouverte et ainsi, plus représentative de l'activité scientifique.

De plus, depuis 2005, les programmes laissent aux enseignants la responsabilité de trouver un objectif de connaissance compatible avec une démarche d'investigation. Le manque d'explicitation des notions sous-jacentes à cette démarche a conduit, comme nous l'avons vu avec les fiches de préparations, à des séquences visant l'acquisition de connaissances ne se prêtant pas à la déstabilisation de conceptions ou à la formulation d'hypothèses. Selon nous, cela pourrait donc être d'une grande aide aux enseignants que chaque item des programmes soit plus clairement associé à un type de problème et de démarche.

Notons, enfin, qu'au cours de la formation, deux enseignants ont soulevé la question de l'évaluation des élèves lors d'une démarche d'investigation. Cette nouvelle méthode d'enseignement a été présentée, dans les programmes, comme un moyen de susciter la participation des élèves au cours d'une séquence. Si cette démarche s'inscrit uniquement dans une approche socioconstructiviste d'apprentissages conceptuels, l'évaluation des élèves portera sur l'acquisition



## Conclusion

des connaissances visées par la séquence mise en place à cet effet. La démarche d'investigation apparaît alors comme un moyen pour l'acquisition de connaissances. Dans ce cas, il n'est pas étonnant que les enseignants se soient exprimés au cours de la formation sur les incompatibilités d'ambition entre les contenus des programmes et la mise en place de démarches d'investigation. En effet, le travail à fournir pour élaborer une séquence d'investigation, ainsi que la mise en place dans la classe d'une telle séquence, nécessitent, selon eux, beaucoup plus de temps qu'une méthode plus « classique », c'est-à-dire plus transmissive. Il est également indiqué dans les programmes que cette nouvelle méthode d'enseignement vise l'acquisition de « *compétences méthodologiques et de savoir-faire techniques* » par les élèves. Si c'est le cas, il semblerait utile de les caractériser, en précisant les niveaux d'acquisition visés, et de fournir des outils d'évaluation aux enseignants.

## Bibliographie

### *Textes officiels*

American Association for the Advancement of Science (1989). *Science for All Americans. Project 2061*. New York, Oxford University Press.

Council of Ministers of Education (1997). *Pan Canadian Science Project 1997. Common framework of science learning outcomes*. Disponible sur : <http://www.cmec.ca/science/v0201en.htm>

Ministère de l'Éducation nationale (2002). *Fiches connaissances, cycles 2 et 3*. Centre National de Documentation Pédagogique.

Ministère de l'Éducation nationale (2000). Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école. *Bulletin Officiel de L'Éducation nationale*, n°23, Paris.

Ministère de l'Éducation nationale (2007). Mise en œuvre du socle commun de connaissances et de compétences – Volume 1. *Bulletin Officiel de L'Éducation nationale*, hors série n°5, Paris.

Ministère de l'Éducation nationale (2007). Mise en œuvre du socle commun de connaissances et de compétences – Volume 2. *Bulletin Officiel de L'Éducation nationale*, hors série n°6, Paris.

Ministry of Education (1993). *Science in the New Zealand Curriculum*. Wellington, Learning Media.

National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, National Academy Press.

OCDE (2001). *Program for International Student Assessment*. Paris, OCDE.

Rocard, M., Csemerly, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe*. Bruxelles, Commission Européenne.

### Articles

Astolfi, J.-P. (1993). Placer les élèves en « situations-problèmes ». *Probio-revue*, 16(4), 311-321.

Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris, Vrin (réed. 1999).

Bacon, F. (1620). *Novum Organum – Vol. I*. Paris, PUF (trad. 1986, réed. 2001).

Bardin, L. (1977). *L'analyse de contenu*. Paris, PUF (réed. 1993).

Briscoe, C. (1991). The dynamic interaction among beliefs, role metaphor and teaching practices. A case study of teacher change. *Science Education*, 75(2), 185-199.

Brosnan, T. (1990). Categorizing macro and micro explanations of material change. In P.-L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos and A.-J. Waarlo (Eds.) *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles* (pp. 198-212). Utrecht, CdbPress.

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage (réed. 2004).

Caroly, S. (2002). Gérer les règles et le client : implication des cadres dans les modalités d'ajustement des règles pour une organisation efficiente. *Actes du 37<sup>e</sup> Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française*, Aix-en-Provence, Greact, pp. 276-284. Disponible sur : <http://www.ergonomie-self.org/documents/37eme-Aix-en-Provence-2002/caroly.pdf>

Chalmers, A. F. (1976). *Qu'est-ce que la science ?* Paris, La Découverte (trad. 1987).

Chauvet, F. (2000). Transformation of didactic intentions by teachers: the case of a teaching sequence about colour (Grade  $\geq 8$ ). *International Conference Physics Teacher Education Beyond*, 189-192.

Chevallard, Y. (1991). *La Transposition didactique – Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble, La Pensée Sauvage (réed. 1998).

## Bibliographie

Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherche en didactique des mathématiques*, 19(2), 221-265.

Closset J.-L. (1989). Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 716, 931-949.

Couchouron, M., Viennot, L., & Courdille, J.-M. (1996). Les habitudes des enseignants et les intentions didactiques des nouveaux programmes d'électricité en classe de quatrième. *Didaskalia*, 8, 81-96.

Courtillot, D., & Ruffenach, M. (2004). *Enseigner les sciences physiques – Collège et classe de 2<sup>de</sup>*. Bordas.

Désautels, J., Larochelle, M., Gagné, B., & Ruel, F. (1993). La formation à l'enseignement des sciences : le virage épistémologique. *Didaskalia*, 1, 49-67.

Di Sessa, A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and instruction*, 10(2&3), 105-225.

Duhem, P. (1906). *La théorie physique, son objet et sa structure*. Paris, Vrin (réed. 1997).

Dumas-Carré, A., & Goffard, M. (1997). *Rénover les activités de résolution de problèmes en physique*. Paris, Armand Colin.

Dupin, J.-J., & Johsua, S. (1986). L'électrocinétique du collège à l'université : évolution des représentations des élèves et impact de l'enseignement sur ces représentations. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 683, 779-800.

Elmore, R.-F. (1996). Getting to scale with good educational practice. *Harvard Educational Review*, 66(1), 1-26.

Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris, PUF.

Feyerabend, P. (1975). *Contre la méthode – Esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance*. Seuil (trad. 1979).

Galili, I. (1996). Students' conceptual change in geometrical optics. *International Journal of Science Education*, 18(7), 847-868.

Galili, I., & Hazan, A. (2000). Learners' knowledge in optics: interpretation, structure and analysis. *International Journal of Science Education*, 22(1), 57-88.

Gauchon, L., & Méheut, M. (2007). Learning about stoichiometry: from students' preconceptions to the concept of limiting reactant. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(4), 362-375.

Gil-Perez, D., & Pessoa de Carvalho, A.M. (1998). Physics Teacher Training: Analysis and Proposals. In A. Tiberghien, E.-L. Jossem, & J. Barojas (Eds.) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. Ohio, ICPE Publications.

Disponible sur : <http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/BOOKS.html>.

Guesne, E. (1984). Children's ideas about light / Les conceptions des enfants sur la lumière. *New Trends in Physics Teaching*, Vol. IV UNESCO, Paris, 179-192.

Hacking, I. (1984). *Concevoir et expérimenter*. Paris, Bourgeois (trad. 1989).

Hatzinikita, V., Koulaidis, V., & Hatzinikitas, A. (2005). Modeling pupils' understanding and explanations concerning changes in matter. *Research in Science Education*, 35, 471-495.

Herry, N. (1987). Errors in the execution of prescribed instructions. Design of process control aids. In J. Rasmussen, K. Duncan, & J. Leplat (Eds.) *New technology and human error* (pp. 239-246). Chichester, J. Wiley.

Hirn, C. (1995). Comment les enseignants de sciences physiques lisent-ils les intentions didactiques des nouveaux programmes d'optique de classe de quatrième ? *Didaskalia*, 6, 39-54.

Högström, P., & Ottander, C. (2004). Teachers' aim of laboratory work in secondary school in Sweden. Paper presented in *ESERA Conference*, Barcelona.

Disponible sur : [http://www.matnv.umu.se/personal/dokument/perh\\_ta1.pdf](http://www.matnv.umu.se/personal/dokument/perh_ta1.pdf)

## Bibliographie

Institut National de Recherche Pédagogique (2001). Le praticien réflexif – La diffusion d'un modèle de formation. *Recherche et formation*, 36.

Jenkins, E.W. (1999). Practical work in school science. In J. Leach & A. Paulsen (Eds.) *Practical Work in Science Education – Recent Research Studies* (pp. 19-32). Dordrecht, Kluwer.

Johsua, S. & Dupin, J.-J. (1986). Is the systematization of hypothetico-deductive reasoning possible in a class situation? *European Journal of Science Education*, 8(4), 381-388.

Johsua, S. & Dupin, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, PUF.

Kaminski, W. (1989). Conceptions des enfants (et des autres) sur la lumière. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 716, 973-996.

Kaminski, W. (1991). *Optique élémentaire en classe de quatrième : raisons et impact sur les maîtres d'une maquette d'enseignement*. Thèse de doctorat, LDPEs, Paris 7.

Kuhn, T. S. (1962). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris, Flammarion (trad. 1970, réed. 1983).

Laudan, L. (1977). *La dynamique de la science*. Bruxelles, Pierre Madraga (trad. 1987).

Lautrey, J. (2008). *Les connaissances naïves*. Paris, Armand Colin.

Leach, J., & Paulsen, A. (1999). Introduction. In J. Leach & A. Paulsen (Eds.) *Practical Work in Science Education – Recent Research Studies* (pp. 17-18). Dordrecht, Kluwer.

Lecourt, D. (1999). *Dictionnaire d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris, PUF (réed. 2003).

Leplat, J. (2004). Eléments pour l'étude des documents prescripteurs. *Activités, revue électronique*, 1(2), 195-216.

## Bibliographie

Mariani, M-C., & Ogborn, J. (1991). Towards an ontology of commonsense reasoning. *International Journal of Science Education*, 13(1), 69-85.

Martinand, J.-L. (1983). Questions pour la recherche : la référence et le possible dans les activités scientifiques scolaires. *Recherche en didactique de la physique : les actes du premier atelier international*, Paris, CNRS, 227-250.

Mayen, P., & Savoyant, A. (2002). Formation et prescription : une réflexion de didactique professionnelle. *Actes du 37<sup>e</sup> congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française*, Aix-en-Provence, 226-232. Disponible sur : <http://www.ergonomie-self.org/documents/37eme-Aix-en-Provence-2002/mayen.pdf>

Méheut, M. (1981). *Combustion et réaction chimique dans un enseignement destiné à des élèves de sixième (11-12 ans) – Analyse d'une expérience d'enseignement comportant la présentation d'un modèle particulière. Etude des conceptions des élèves*. Thèse de doctorat, LDSP, Paris 7.

Meirieu, P. (1987). *Apprendre, oui mais comment ?* Paris, ESF (réed. 2008).

Minstrell, J. (1992). Facets of students' knowledge and relevant instruction. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.) *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp. 110-128). Kiel, IPN.

Morge, L. (2001). Caractérisation des phases de conclusion dans l'enseignement scientifique. *Didaskalia*, 18, 99-120.

Morge, L. (2003). Les connaissances professionnelles locales: le cas d'une séance sur le modèle particulière. *Didaskalia*, 23, 101-131.

Morge, L. & Boilevin, J.-M. (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie – Collège, Lycée*. Clermont-Ferrand, CRDP d'Auvergne.

Morge, L. (2009). Eléments de réflexion à propos de l'impact des formations sur les pratiques effectives. *Communication à l'ARDIST*.

## Bibliographie

Nussbaum, J. (1985). The particulate nature of matter in the gaseous phase. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.) *Children's ideas in science* (pp. 124-144). London, Open University Press.

Pintó, R. (2005). Introducing curriculum innovations in science: identifying teachers' transformations and the design of related teacher education. *Science Education*, 89(1), 1-12.

Popper, K. (1959). *La logique de la découverte scientifique*. Paris, Payot (trad. 1973).

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains*. Paris, Armand Colin.

Richard, J.-F. (1990). *Les activités mentales*. Paris, Colin (réed. 1998).

Robardet, G., & Guillaud, J.-C. (1997). *Eléments de didactique des sciences physiques*. Paris, PUF.

Robardet, G. (2001). Quelle démarche expérimentale en classe de physique ? Notion de situation-problème. *Bulletin de L'Union des Physiciens*, 836, 1173-1190.

Roux, S. (2007). La fonction des expériences. *Cours d'épistémologie des sciences physiques*, Université Grenoble II. Disponible sur : [http://disoaua.free.fr/L1\\_05\\_ep\\_4.pdf](http://disoaua.free.fr/L1_05_ep_4.pdf)

Saltiel, E., & Hartmann, M. (2005). *L'air est-il de la matière ?*  
Disponible sur : [http://lamap.inrp.fr/bdd\\_image/1125\\_Lair11b.pdf.pdf](http://lamap.inrp.fr/bdd_image/1125_Lair11b.pdf.pdf)

Saltiel, E., & Kaminski, W. (1996). Un exemple d'évaluation des nouveaux programmes : problèmes liés à l'évaluation elle-même et à la formation des maîtres. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 786, 1271-1287.

Séré, M.-G. (1985). The gaseous state. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.) *Children's ideas in science* (pp. 105-123). London, Open University Press.

Séré, M.-G. (1986). Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *European Journal of Science Education*, 8(4), 413-425.



## Bibliographie

Solomonidou, C. & Stavridou, H. (1994). *Les transformations des substances, enjeu de l'enseignement de la réaction chimique*. *Aster*, 18, 75-95.

Stavridou, H., & Solomonidou, C. (1989). Physical phenomena – chemical phenomena: do pupils make the distinction? *International Journal of Science Education*, 11(1), 83-92.

Stavy, R. (1990). Pupils' problems in understanding conservation of matter. *International Journal of Science Education*, 12(5), 501-512.

Strauss, A.-L., & Corbin, J. (1990). *Basics of Qualitative Research. Grounded Theory Procedures and Techniques*. Newbury Park, Sage.

Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J.-F., Buty, C., & Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85(5), 483-508.

Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique – La part du sens commun*. Paris-Bruxelles, De Boeck Université.

Viennot, L., Chauvet, F., Colin, P., & Rebmann, G. (2005). Designing strategies and tools for teacher training: the role of critical details, examples in optics. *Science Education*, 89(1), 13-27.

Weil-Barais, A., & Dumas Carré, A. (1998). Les interactions didactiques : tutelle et/ou médiation ? In A. Dumas Carré & A. Weil-Barais (Eds.) *Tutelle et médiation dans l'enseignement scientifique* (pp. 1-18). Bern, Peter Lang.

White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. The Falmer Press, London.

Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112-143.

Worth, K., & Delacôte, G. (1996). *L'Enseignement scientifique dans les écoles américaines*. Boston, EDC.